



Pedro Alexandre de Albuquerque Marques

Licenciado em Engenharia de Produção Industrial

**Seis Sigma: Sistema de Gestão e
Metodologia de Inovação numa
Abordagem Estruturada e Integradora**

2 Volumes (Vol. I)

Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em
Engenharia Industrial

Orientador: Prof. Doutor José Gomes Requeijo,
Professor Auxiliar, FCT-UNL

Co-orientador: Prof. Doutor Pedro Manuel Saraiva,
Professor Catedrático, FCT-UC

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Manuel Flores Romão de Azevedo Gonçalves Coelho
Arguente(s): Prof. Doutor Rui Manuel Soucasaux Meneses e Sousa
Prof. Doutor António Manuel Ramos Pires

Vogais: Prof. Doutor Pedro Manuel Tavares Lopes de Andrade Saraiva
Prof. Doutor Virgílio António Cruz Machado
Prof. Doutor Luís António Nunes Loureço
Prof. Doutor José Fernando Gomes Requeijo
Prof. Doutora Irene Sofia Carvalho Ferreira

Dissertação de Doutoramento

Autor: Pedro Alexandre de Albuquerque Marques

Título: Seis Sigma: Sistema de Gestão e Metodologia de Inovação numa Abordagem Estruturada e Integradora

Instituição: Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

Local: Lisboa

Ano: 2013

Copyright © 2013, Pedro Alexandre de Albuquerque Marques, Faculdade de Ciências e Tecnologia e Universidade Nova de Lisboa

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objectivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

Agradecimentos

O mérito que esta dissertação possa ter deve-se, em grande medida, ao contributo directo ou indirecto de um conjunto de pessoas, às quais quero expressar os mais sinceros agradecimentos.

Ao Professor Doutor José Requeijo pelas sugestões e críticas construtivas que sempre soube transmitir de forma activa e constante ao longo deste trajecto. A sua organização, exigência e saber foram contributos valiosos para a condução da investigação efectuada, em cada uma das suas etapas. Para ele vai ainda a minha gratidão por sempre me ter incentivado a realizar o doutoramento, desde os tempos de aluno de licenciatura, pelos ensinamentos que tão bem transmite e por ter acreditado e acompanhado em permanência o trabalho que foi sendo realizado.

Ao Professor Doutor Pedro Saraiva pela confiança depositada e pelo activo e metódico acompanhamento do trabalho desenvolvido. A consistência da investigação realizada muito deve ao rigor, saber e dedicação que sempre emprestou a este trabalho. Quero agradecer **as várias** oportunidades que me proporcionou e os conselhos sábios que nunca deixou de dar. O crer e o positivismo que sempre irradia conseguiram dar-me confiança, quando, de algum modo, vacilei. De realçar a lição de modéstia deste insigne mestre ao aceitar coorientar um projecto de um aluno que não pertencia à sua Universidade.

Ao Eng.º Francisco Frazão Guerreiro, coordenador empresarial do doutoramento, pelo seu inesgotável apoio, compreensão, incentivo e confiança. A ele devo a disponibilidade de tempo de que pude usufruir para realizar o doutoramento. Estou-lhe muito grato pela confiança que sempre depositou em mim, pelas muitas oportunidades que me proporcionou e por ter estado sempre presente nas horas de maior dificuldade. Os seus conselhos sábios, sempre com a reconhecida frontalidade e objectividade, foram de inestimável valor para manter a confiança e o rumo mais tranquilo.

Ao Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), instituição de acolhimento, pela facilitação de tempo, apoios prestados e pelo investimento feito no meu doutoramento. Agradeço à Administração do ISQ a aposta feita, sobretudo na pessoa do Eng.º Manuel Cruz, aos colegas da Direcção de Estratégia e Projectos Especiais pelo incentivo e suporte, bem como àqueles colegas de outras áreas que foram partilhando o seu apoio ao longo deste trajecto. Não seria justo esquecer-me do Eng.º Correia da Cruz, que me acolheu num processo de transição de funções, assim como do Eng.º Eduardo Pável com quem tive o privilégio de trabalhar antes de iniciar o doutoramento e que sempre me incentivou na sua realização.

Às outras organizações que possibilitaram a aplicação prática das abordagens desenvolvidas nesta dissertação. Na TNT Express Portugal gostaria de destacar o papel e o grande apoio do Dr. José Domingos, mas também de todas as pessoas que participaram e/ou patrocinaram o projecto de DFSS. Uma palavra de agradecimento e apreço ao Eng.º João D' Orey, cuja acção foi preponderante para convencer a TNT a avançar com o projecto. Na Sapa BS Portugal tenho que referir o fantástico trabalho e a disponibilidade do Dr. Pedro Gomes, agradecendo também ao Eng.º Carlos Paulos e ao Eng.º Artur Mexia, com quem tive o privilégio de contactar e trabalhar. Na STML, um obrigado ao Eng.º José Frigideira e ao Eng.º Adelino Valente pelo apoio e envolvimento, assim como aos colaboradores que participaram no projecto.

Ao pessoal amigo que, apesar dos tantos momentos, jantares e saídas à noite que ficaram por corresponder da minha parte, por causa do trabalho em torno da tese, não deixaram de me incentivar e dar aquela palavra amiga que valia muito nos momentos mais difíceis.

Finalmente, um agradecimento à minha família, em particular aos meus pais, o esteio forte que sempre me acompanhou e amparou, e à minha tia Alda pela revisão morfo-sintáctica do texto.

Resumo

As rápidas transformações tecnológicas, sociais e económicas, que têm caracterizado este início de século XXI, colocam inúmeros e inéditos desafios à maioria das organizações. Confrontadas com tal realidade, empresas e instituições procuram manter uma posição competitiva e sustentável no mercado, através da adopção de modelos de boas práticas de gestão organizacional e de métodos eficazes para apoiar os seus processos de inovação, que lhes permitam criar valor para os clientes e para o negócio numa base contínua.

Neste sentido, os principais desafios que nortearam a realização deste trabalho de investigação concentraram-se em duas áreas. Na primeira, pretendeu-se desenvolver soluções que demonstrassem a possibilidade e as vantagens de perspectivar o Seis Sigma enquanto sistema de gestão, permitindo assim articulá-lo com vários dos mais relevantes referenciais e modelos de gestão existentes. A segunda área centrou-se no Seis Sigma enquanto metodologia, especialmente na abordagem de Projecto para Seis Sigma (DFSS – *Design for Six Sigma*), tendo-se procurado universalizar a sua aplicabilidade em diferentes contextos de inovação e na eventual presença de fenómenos de variedade espacial, geracional e/ou temporal de requisitos.

Desenvolveu-se um conjunto abrangente de modelos que visam fornecer às organizações, independentemente da sua dimensão e dos sectores de actividade em que actuem, mecanismos que lhes permitam implementar um programa Seis Sigma, integrando-o de forma fácil e proveitosa no seu sistema global de gestão. Dada a sua relevância, os modelos de integração focalizaram-se na articulação do Seis Sigma com os referenciais de gestão da qualidade (ISO 9001), ambiente (ISO 14001) e segurança e saúde do trabalho (OHSAS 18001), para acreditação de laboratórios de ensaios e calibração (ISO/IEC 17025) e de entidades inspectoras (ISO/IEC 17020), bem como com o referencial de melhores práticas para a gestão dos serviços de tecnologias de informação (ITIL). A aplicação e validação da maioria destes modelos foi efectuada em duas organizações de dimensões e áreas de negócio distintas.

Neste trabalho propôs-se também um modelo que permite contextualizar qualquer tipo de projecto Seis Sigma a executar, tendo por base a definição e tipificação dos factores morfologia (dimensão associada ao tipo de inovação) e maturidade (dimensão associada ao nível de inovação). Este modelo permite não só distinguir os projectos de DFSS, que envolvem fenómenos de inovação substancial ou radical, dos de melhoria contínua, mas também auxiliar na escolha concreta do mapa metodológico a adoptar na execução do projecto. Especificamente, em relação a projectos de DFSS, foi desenvolvida uma metodologia, assente no mapa IDOV, que pode usada em diferentes contextos de morfologia e maturidade, assim como na presença de diferentes tipos de variedade, uma dimensão que está associada à heterogeneidade dos requisitos de projecto a satisfazer pelo sistema a conceber e desenvolver. Esta metodologia de DFSS foi ainda enquadrada num modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma. A aplicação e validação da metodologia de DFSS foi efectuada em duas organizações de sectores de actividade distintos.

Termos-chave: Seis Sigma; Projecto para Seis Sigma (DFSS); ciclo de vida dos projectos Seis Sigma; morfologia; maturidade; variedade.

Abstract

The rapid changes in technological, social and economical aspects that have characterized the beginning of this century, place numerous and unprecedented challenges for most organizations. Faced with this reality, companies and institutions seek to maintain a competitive and sustainable position in the market through the adoption of best practice models for organizational management and of effective methods to support their innovation processes, in order to create value to customers and to the business on an ongoing basis.

In this sense, the main challenges that guided this research focused on two areas. At first, we intended to develop solutions that could demonstrate the possibility and benefits of Six Sigma as a management system, thus enabling its articulation with several of the most relevant management models and standards. The second area focused on Six Sigma as a methodology, especially in the Design for Six Sigma (DFSS) approach, and has sought to universalize its applicability in different contexts of innovation and the possible presence of spatial, generational and/or temporal variety in design requirements.

We developed a comprehensive set of models that aim to provide organizations, regardless of their size and areas of activity, mechanisms that enable them to implement a Six Sigma program and to easily integrate it with the management system of the enterprise as a whole. Given their importance, the developed integration models have focused on the articulation of Six Sigma with: quality (ISO 9001), environment (ISO 14001) and occupational health and safety (OHSAS 18001) management standards; management standards for the accreditation of testing and calibration laboratories (ISO/IEC 17025) and inspection bodies (ISO/IEC 17020); best practices for the management of IT services (ITIL). Most of these models were tested and validated in two companies of different sizes and business areas.

As a result of this research, a model that allows an effective scoping of any type of Six Sigma project was also proposed; this model is based on the definition and classification of two dimensions: morphology (it is related to the type of innovation involved in a Six Sigma project) and maturity (it is related to the degree of innovation involved in a Six Sigma project). This model allows not only to distinguish among DFSS projects, which involve substantial or radical innovation phenomena, and continual improvement projects, but it can also assist towards the choice of the best methodological roadmap to be adopted. For the DFSS-type projects, a methodology based on the IDOV roadmap was developed with the purpose to be adaptable to different combinations for the morphology and maturity dimensions, and to deal with situations of variety, a third dimension that is linked to the heterogeneity of the design requirements to be met by the system to be designed and developed. This DFSS methodology was also framed into a broader Six Sigma projects' lifecycle model. The implementation and validation of DFSS methodology was carried out in two companies of different sectors of activity.

Keywords: Six Sigma; Design for Six Sigma (DFSS); Six Sigma projects' life cycle; morphology; maturity, variety.

Índice de Matérias

Volume I

Parte I – Enquadramento da investigação e levantamento do estado da arte	1
Capítulo 1 – Introdução.....	3
1.1. Motivação	3
1.2. Definição do problema	4
1.3. Relevância do tema	6
1.4. Objectivos da tese.....	8
1.5. Organização da tese	9
Capítulo 2 – Seis Sigma	13
2.1. Introdução	13
2.2. Origens, evolução e tendências futuras do Seis Sigma	15
2.3. Definições, fundamentos e princípios do Seis Sigma.....	20
2.4. Seis Sigma como métrica	23
2.4.1. Tipos de variáveis envolvidas num processo.....	23
2.4.2. Nível Sigma e principais considerações estatísticas sobre o Seis Sigma	25
2.4.3. Métricas utilizadas num contexto Seis Sigma	32
2.4.4. Métricas relativas à medição dos níveis de eficiência	36
2.5. Seis Sigma como metodologia.....	37
2.5.1. Identificação, avaliação e selecção de projectos Seis Sigma.....	38
2.5.2. Planeamento do projecto Seis Sigma seleccionado	42
2.5.3. Realização do projecto Seis Sigma seleccionado.....	42
2.5.4. Pós-projecto.....	50
2.6. Seis Sigma como sistema de gestão.....	51
2.7. Conclusões.....	55
Capítulo 3 – Projecto para Seis Sigma (DFSS).....	59
3.1. Introdução	59
3.2. Origens, evolução e enquadramento do DFSS	61
3.3. Definições e conceitos inerentes ao DFSS.....	64
3.3.1. Definições, fundamentos e princípios do DFSS.....	65
3.3.2. Conceitos relevantes num contexto de DFSS.....	66
3.3.2.1. Sistema	67
3.3.2.2. Inovação.....	69
3.3.2.2.1. Taxonomia da inovação atendendo à tipologia do sistema de interesse	73
3.3.2.2.2. Taxonomia da inovação atendendo ao grau de novidade introduzido no sistema de interesse	75
3.3.2.2.3. Taxonomia da inovação atendendo à escala/dimensão do sistema de interesse e à localização das alterações conceptuais na sua hierarquia	79
3.3.2.2.4. Taxonomia da inovação atendendo à variedade de sistemas de interesse a desenvolver	81
3.3.2.2.5. Taxonomia da inovação atendendo à evolução temporal dos requisitos a cumprir pelo sistema de interesse ao longo do seu ciclo de vida.....	84
3.3.2.3. Valor.....	86
3.3.2.4. Função e requisito funcional	88
3.3.2.4.1. Definições para os conceitos de “função” e “requisito funcional”	88
3.3.2.4.2. Classificação e representação das funções.....	90
3.3.2.5. Constrangimento.....	97
3.3.2.6. Elemento de solução	99
3.3.2.7. Decomposição	107
3.4. Metodologias de DFSS	113
3.4.1. Mapas metodológicos do DFSS.....	114
3.4.2. Abordagens metodológicas aos projectos de DFSS.....	119
3.4.2.1. Diferentes mapas de DFSS em função da categoria do projecto	119
3.4.2.2. Diferentes abordagens ao processo de decomposição	122

3.4.3. Análise às abordagens metodológicas de DFSS relativamente a situações de morfologia, maturidade e variedade	125
3.5. Seis Sigma DMAIC <i>versus</i> DFSS	126
3.5.1. Semelhanças e diferenças	126
3.5.2. Critérios de escolha e sinergias entre as abordagens metodológicas	129
3.6. Conclusões.....	132
Parte II – Contributos e respostas decorrentes da investigação efectuada.....	137
Capítulo 4 – Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão.....	139
4.1. Introdução	139
4.2. Relevância da integração.....	140
4.3. Integração do Seis Sigma com o referencial ISO 9001	147
4.3.1. Introdução.....	147
4.3.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a ISO 9001	153
4.3.2.1. Integração do Seis Sigma com a ISO 9001 com base na estrutura do ISO Guide 72.....	153
4.3.2.2. Integração das técnicas/ferramentas usadas nas metodologias do Seis Sigma nas cláusulas da ISO 9001	155
4.3.2.3. Integração das metodologias de DFSS com a cláusula 7.3 da ISO 9001	156
4.3.2.4. Enquadramento das cláusulas da ISO 9001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma	160
4.3.2.4.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma	161
4.3.2.4.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma	165
4.3.2.4.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma.....	168
4.3.2.4.4. Pós-projecto Seis Sigma	168
4.4. Integração do Seis Sigma com o referencial ISO 14001	169
4.4.1. Introdução.....	169
4.4.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a ISO 14001.....	172
4.4.2.1. Integração do Seis Sigma com a ISO 14001 com base na estrutura do ISO Guide 72.....	173
4.4.2.2. Enquadramento das cláusulas da ISO 14001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma	174
4.4.2.2.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma.....	175
4.4.2.2.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma	178
4.4.2.2.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma.....	178
4.4.2.2.4. Pós-projecto Seis Sigma	179
4.5. Integração do Seis Sigma com o referencial OHSAS 18001	179
4.5.1. Introdução.....	179
4.5.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a OHSAS 18001	183
4.5.2.1. Integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001 com base na estrutura do ISO Guide 72.....	183
4.5.2.2. Enquadramento das cláusulas da OHSAS 18001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma	185
4.5.2.2.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma.....	185
4.5.2.2.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma	188
4.5.2.2.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma.....	188
4.5.2.2.4. Pós-projecto Seis Sigma	188
4.6. Integração do Seis Sigma com o referencial ISO/IEC 17025.....	189
4.6.1. Introdução.....	189
4.6.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a ISO/IEC 17025.....	189
4.6.2.1. Integração entre a ISO/IEC 17025 e o Seis Sigma com base na estrutura do ISO Guide 72.....	190
4.6.2.2. Enquadramento das cláusulas da ISO/IEC 17025 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma	190
4.6.2.2.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma.....	190
4.6.2.2.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma	193
4.6.2.2.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma.....	195
4.6.2.2.4. Pós-projecto Seis Sigma	195
4.7. Integração do Seis Sigma com o referencial ISO/IEC 17020.....	195
4.7.1. Introdução.....	195

4.7.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a ISO/IEC 17020.....	196
4.7.2.1. Integração entre a ISO/IEC 17020 e o Seis Sigma com base na estrutura do ISO Guide 72.....	198
4.7.2.2. Enquadramento das cláusulas da ISO/IEC 17020 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma	198
4.7.2.2.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma	198
4.7.2.2.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma	201
4.7.2.2.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma.....	201
4.7.2.2.4. Pós-projecto Seis Sigma	201
4.8. Integração do Seis Sigma com a ITIL v3.....	202
4.8.1. Introdução.....	202
4.8.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a ITIL v3.....	207
4.8.2.1. Enquadramento das metodologias do Seis Sigma no modelo de ciclo de vida da ITIL v3	207
4.8.2.2. Enquadramento das boas práticas da ITIL v3 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma	209
4.8.2.2.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma	210
4.8.2.2.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma	213
4.8.2.2.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma.....	213
4.8.2.2.4. Pós-projecto Seis Sigma	213
4.9. Conclusões.....	214
Capítulo 5 – Metodologia de DFSS considerando três factores: morfologia, maturidade e variedade	217
5.1. Introdução	217
5.2. Morfologia, maturidade e variedade	218
5.2.1. Morfologia e maturidade.....	218
5.2.1.1. Categorização proposta para a dimensão maturidade.....	221
5.2.1.2. Categorização proposta para a dimensão morfologia.....	226
5.2.1.3. Relação entre as categorizações propostas para as dimensões morfologia e maturidade	230
5.2.2. Variedade	231
5.3. Modelo proposto para a gestão do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma	233
5.3.1. Fase 1 – Identificação de potenciais projectos Seis Sigma	235
5.3.2. Fase 2 – Selecção de projectos Seis Sigma relevantes	235
5.3.3. Fase 3 – Planeamento do projecto Seis Sigma	236
5.3.4. Fase 4 – Realização do projecto Seis Sigma.....	237
5.3.5. Fase 5 – Pós-projecto Seis Sigma	238
5.4. Metodologia de DFSS proposta.....	238
5.4.1. Fase de Identificação – Identify.....	240
5.4.1.1. Identificação e prioritização dos clientes e de outras partes interessadas	240
5.4.1.2. Determinação das necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas	242
5.4.1.3. Definição, classificação e organização dos requisitos relevantes aplicáveis ao sistema de interesse	245
5.4.1.4. Estabelecimento das CTQCs e das suas definições operacionais	250
5.4.2. Fase Conceptual – <i>Design</i>	253
5.4.2.1. Identificação dos requisitos funcionais associados às funções básicas do sistema de interesse	254
5.4.2.2. Definição dos requisitos de projecto: requisitos funcionais e constrangimentos	254
5.4.2.3. Definição dos elementos de solução que satisfaçam os requisitos de projecto e assegurem a independência funcional	258
5.4.2.4. Realização do processo de decomposição até aos níveis-folha, assegurando a consistência das decisões nos diferentes níveis da hierarquia	261
5.4.3. Fase de Optimização – <i>Optimize</i>	266
5.4.3.1. Minimização das vulnerabilidades conceptuais da solução	266
5.4.3.2. Integração dos elementos de solução em elementos estruturais do sistema.....	267
5.4.3.3. Verificação e optimização dos níveis de desempenho funcional face às CTQCs ..	269
5.4.4. Fase de Validação – <i>Validate</i>	272
5.5. Conclusões.....	273

Capítulo 6 – Casos de aplicação: Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão	277
6.1. Introdução	277
6.2. Caso de aplicação na STML – Engenharia de Manutenção, Lda.	278
6.2.1. A empresa	278
6.2.2. Enquadramento e objectivos do caso de aplicação	279
6.2.3. Realização do caso de aplicação	279
6.2.3.1. Desenvolvimento e implementação iniciais do SGQ baseado na norma ISO 9001 .	280
6.2.3.2. Desenvolvimento e implementação-piloto do programa Seis Sigma, em integração com o SGQ baseado na norma ISO 9001	288
6.2.3.3. Operacionalização-piloto do programa Seis Sigma.....	298
6.3. Caso de aplicação no Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ)	303
6.3.1. A empresa	303
6.3.2. Enquadramento e objectivos do caso de aplicação	305
6.3.3. Realização do caso de aplicação	306
6.3.3.1. Unidade de Negócios Gás, Águas e Saneamento (GÁS) – Integração com a norma ISO/IEC 17020	306
6.3.3.2. Unidade de Negócios de Controlo Não Destrutivo (CND) – Integração com as normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001	312
6.3.3.3. Direcção de Estratégia e Projectos Especiais (DEPE) – Integração com as normas ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001	315
6.4. Conclusões.....	321
6.4.1. Conclusões do caso de aplicação na STML – Engenharia de Manutenção, Lda.....	321
6.4.2. Conclusões do caso de aplicação no Instituto de Soldadura e Qualidade	324
Capítulo 7 – Casos de aplicação: Metodologia de DFSS.....	327
7.1. Introdução	327
7.2. Caso de aplicação 3: TNT Portugal	327
7.2.1. A empresa	327
7.2.2. Enquadramento do caso de aplicação	328
7.2.3. Realização do caso de aplicação	329
7.2.3.1. Identificação e proposta de potenciais projectos de DFSS	329
7.2.3.2. Selecção do melhor projecto de DFSS.....	331
7.2.3.3. Planeamento do projecto de DFSS seleccionado	331
7.2.3.4. Realização do projecto de DFSS seleccionado.....	332
7.2.3.4.1. Fase de Identificação – <i>Identify</i>	332
7.2.3.4.2. Fase de Concepção – <i>Design</i>	338
7.2.3.4.3. Fase de Optimização – <i>Optimise</i>	343
7.2.3.4.4. Fase de Validação – <i>Validate</i>	345
7.2.3.5. Pós-projecto	346
7.3. Caso de aplicação 4: Sapa Building System Portugal.....	346
7.3.1. A empresa	346
7.3.2. Enquadramento do caso de aplicação	347
7.3.3. Realização do caso de aplicação	348
7.3.3.1. Identificação e proposta de potenciais projectos de DFSS	348
7.3.3.2. Selecção do melhor projecto de DFSS.....	349
7.3.3.3. Planeamento do projecto de DFSS seleccionado	349
7.3.3.4. Realização do projecto de DFSS seleccionado.....	349
7.3.3.4.1. Fase de Identificação – <i>Identify</i>	349
7.3.3.4.2. Fase de Concepção – <i>Design</i>	355
7.3.3.4.3. Fases de Optimização e Validação – <i>Optimise</i> e <i>Validate</i>	359
7.3.3.5. Pós-projecto	359
7.4. Conclusões.....	360
7.4.1. Conclusões do caso de aplicação na TNT Portugal	360
7.4.2. Conclusões do caso de aplicação na Sapa BS Portugal	361
Capítulo 8 – Conclusões e sugestões para trabalhos futuros	363
8.1. Introdução	363
8.2. Conclusões e contribuições da tese	364
8.2.1. Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão	365
8.2.2. Metodologia de DFSS proposta	367
8.3. Limitações do trabalho de investigação.....	369

8.4. Sugestões para trabalhos futuros	370
Referências bibliográficas.....	373
Volume II	
Apêndices.....	405
Apêndice I – Evolução histórica e enquadramento das temáticas da “Qualidade” e do “Seis Sigma” e relação entre ambas.....	407
I.1. Evolução histórica da Qualidade.....	409
I.2. Resumos dos principais marcos e acontecimentos na área da Qualidade	424
I.3. A contribuição dos gurus da Qualidade	429
I.4. Principais marcos e acontecimentos na temática do Seis Sigma	429
I.5. Relação entre os diferentes aspectos que compõem o conceito de Seis Sigma e as abordagens oriundas da gestão e engenharia da qualidade	434
Apêndice II – Levantamento bibliográfico das abordagens relativas ao planeamento e ao projecto de famílias de produtos e/ou serviços	435
Apêndice III – Sinergias e relações entre o Seis Sigma e o referencial normativo ISO 9001, com base na revisão da literatura	439
III.1. Sinergias de integração entre o Seis Sigma e a norma ISO 9001	441
III.2. Sinergias entre os 8 princípios da qualidade que fundamentam a série de normas ISO 9000 e os elementos fundamentais do Seis Sigma	442
Apêndice IV – Enquadramento das técnicas e ferramentas habitualmente usadas em projectos Seis Sigma, independentemente da categoria de projecto, com as cláusulas e subcláusulas da norma ISO 9001.....	443
IV.1. Secção 4 – “Sistema de gestão da qualidade”	445
IV.2. Secção 5 – “Responsabilidade da gestão”	445
IV.3. Secção 6 – “Gestão de recursos”	447
IV.4. Secção 7 – “Realização do produto”	448
IV.5. Secção 8 – “Medição, análise e melhoria”	452
Apêndice V – Integração do Seis Sigma com a ISO 9001, utilizando os assuntos principais e elementos comuns aos referenciais de gestão constantes do ISO Guide 72:2001	457
V.1. Assunto principal “Política”	459
V.2. Assunto principal “Planeamento”	460
V.3. Assunto principal “Implementação e operação”	462
V.4. Assunto principal “Avaliação de desempenho”	465
V.5. Assunto principal “Melhoria”	466
V.6. Assunto principal “Revisão pela gestão”	467
Apêndice VI – Integração do Seis Sigma com a ISO 14001, utilizando os assuntos principais e elementos comuns aos referenciais de gestão constantes do ISO Guide 72:2001	469
VI.1. Assunto principal “Política”	471
VI.2. Assunto principal “Planeamento”	472
VI.3. Assunto principal “Implementação e operação”	475
VI.4. Assunto principal “Avaliação de desempenho”	477
VI.5. Assunto principal “Melhoria”	479
VI.6. Assunto principal “Revisão pela gestão”	479
Apêndice VII – Integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, utilizando os assuntos principais e elementos comuns aos referenciais de gestão constantes do ISO Guide 72:2001 .	481
VII.1. Assunto principal “Política”	483
VII.2. Assunto principal “Planeamento”	484
VII.3. Assunto principal “Implementação e operação”	487
VII.4. Assunto principal “Avaliação de desempenho”	489
VII.5. Assunto principal “Melhoria”	491
VII.6. Assunto principal “Revisão pela gestão”	492
Apêndice VIII – Integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, utilizando os assuntos principais e elementos comuns aos referenciais de gestão constantes do ISO Guide 72:2001 .	493

VIII.1. Assunto principal “Política”	495
VIII.2. Assunto principal “Planeamento”	496
VIII.3. Assunto principal “Implementação e operação”	499
VIII.4. Assunto principal “Avaliação de desempenho”	502
VIII.5. Assunto principal “Melhoria”	503
VIII.6. Assunto principal “Revisão pela gestão”	504
Apêndice IX – Integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, utilizando os assuntos principais e elementos comuns aos referenciais de gestão constantes do ISO Guide 72:2001	505
IX.1. Assunto principal “Política”	507
IX.2. Assunto principal “Planeamento”	508
IX.3. Assunto principal “Implementação e operação”	511
IX.4. Assunto principal “Avaliação de desempenho”	514
IX.5. Assunto principal “Melhoria”	516
IX.6. Assunto principal “Revisão pela gestão”	516
Apêndice X – Linhas de orientação relativas ao processo de decomposição	517
X.1. Sequência da decomposição	519
X.2. Gerar sub-FRs	519
X.3. Desdobrar e refinar constrangimentos (Cs)	520
X.4. Integrar sub-DPs	521
X.5. Verificar consistência dos sub-FRs, sub-DPs, Cs e sub-DMs	521
Apêndice XI – Mapas de DFSS propostos pela literatura	523
Apêndice XII – Propostas para os planos de comprometimento e de comunicação	527
XII.1. Proposta de “Plano de Comunicação”	529
XII.2. Proposta de “Plano de Comprometimento”	530
Apêndice XIII – Utilização de um amplo conjunto de técnicas e ferramentas nos mapas DMAIC e DMA(DV)C propostos no modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma	531
XIII.1. Mapa metodológico DMAIC	533
XIII.2. Mapa metodológico DMA(DV)C	534
Apêndice XIV – Apêndices referentes ao caso de aplicação na STML	535
XIV.1. Etapas do projecto de desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão da qualidade baseado na norma ISO 9001 e sua certificação	537
XIV.2. Template da ficha de processo adoptado na STML	537
XIV.3. Descrição dos processos-chave da STML	538
XIV.4. Transcrição do procedimento do sistema PS-08-02 – “Auditorias internas”	539
XIV.5. Transcrição do modelo de impresso STML-011 – “Lista de verificação de auditoria interna”	546
XIV.6. Projecto Seis Sigma “Stocks de materiais” – Caso STML	562
Apêndice XV – Apêndices referentes ao caso de aplicação no ISQ	581
XV.1. Historial do ISQ	583
XV.2. Unidades de Negócio do ISQ	584
XV.3. Principais clientes e trabalhos realizados	585
XV.4. Reconhecimentos ISQ	586
XV.5. Direcção de Estratégia e Projectos Especiais	587
XV.6. Lista dos documentos internos do sistema de qualidade da Unidade de Negócios GÁS	588
XV.7. Avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma – Unidade de Negócios GÁS	590
XV.8. Planeamento e realização do projecto Seis Sigma seleccionado, intitulado “Relatório Sigma”	591
XV.9. Proposta de procedimento funcional: “Projectos Seis Sigma” (PF-ISQ-14)	607
Apêndice XVI - Proposta para a “Declaração de Projecto Seis Sigma”	623
Apêndice XVII – Estado da arte do DFSS relativamente às dimensões “morfologia”, “maturidade” e “variedade”	627
Apêndice XVIII – Enquadramento de vários exemplos de aspectos ambientais nos 7 factores de desperdício da abordagem <i>Lean Management</i>	633

Apêndice XIX – <i>Variety House of Quality (VHoQ)</i>	637
Apêndice XX – Apêndices referentes ao caso de aplicação na TNT Express Portugal	643
XX.1. Principais prémios, reconhecimentos e iniciativas da TNT Portugal	645
XX.2. Portefólio de serviços prestados pela TNT Portugal.....	645
XX.3. Identificação de oportunidades de inovação e potenciais projectos de DFSS	647
XX.4. Planeamento do projecto de DFSS seleccionado.....	652
XX.5. Questionário elaborado para ser usado pelo pessoal das vendas da TNT na recolha das necessidades e expectativas dos clientes.....	653
XX.6. Conversão de “vozes” em necessidades e expectativas.....	655
XX.7. Diagrama de afinidades do conjunto final de 43 requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas	656
XX.8. Relação entre os requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas e os diferentes grupos de potenciais clientes deste serviço	657
XX.9. Questionário para a determinação da importância dos requisitos dos potenciais clientes relativamente ao serviço TNT Eventos e Campanhas	658
XX.10. <i>Variety House of Quality (VHoQ)</i> para o serviço TNT Eventos e Campanhas.....	661
XX.11. Processo de decomposição aplicado à concepção e desenvolvimento do serviço TNT Eventos e Campanhas	662
XX.12. Realização do serviço-teste relativo ao TNT Eventos e Campanhas.....	726
XX.13. Realização do serviço-piloto relativo ao TNT Eventos e Campanhas	735
Apêndice XXI – Apêndices referentes ao caso de aplicação na Sapa BS Portugal	743
XXI.1. Soluções de produto fornecidas pela Sapa BS Portugal	745
XXI.2. Planeamento do projecto de DFSS seleccionado.....	746
XXI.3. Conversão de “vozes” em necessidades e expectativas.....	747
XXI.4. Diagrama de afinidades do conjunto final de 39 requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ponte de ruptura térmica	748
XXI.5. Análise à heterogeneidade dos requisitos entre grupos de clientes	749
XXI.6. Estratégia para a elaboração dos questionários de “Importância-Kano”.....	750
XXI.7. Planeamento e resultados do inquérito-piloto para os questionários “Importância-Kano”	751
XXI.8. Enunciado dos questionários de “Importância-Kano”	753
XXI.9. Plano amostral adoptado nos questionários “Importância-Kano”	756
XXI.10. Sumário dos resultados obtidos nos questionários “Importância-Kano”	758
XXI.11. Processo de decomposição aplicado à concepção e desenvolvimento do sistema de caixilharia de ruptura térmica	759
XXI.12. <i>Variety House of Quality</i> – Caso Sapa BS Portugal	771

Índice de Figuras

Volume I

Figura 2.1 – Evolução do número de artigos científicos cujo título contém os termos “Six Sigma”, “DMAIC”, ou “DFSS”	19
Figura 2.2 – As três perspectivas do Seis Sigma	23
Figura 2.3 – Modelo genérico de processo	24
Figura 2.4 – Diagrama-P genérico de um processo e factores de variabilidade inerentes	25
Figura 2.5 – Representação gráfica do Nível Sigma no curto prazo	26
Figura 2.6 – Nível Sigma de capacidade em termos gráficos.....	27
Figura 2.7 – Representação do Nível Sigma igual a 6, no longo prazo, assumindo um desvio de $\pm 1,5\sigma$ na média do processo face ao valor nominal	28
Figura 2.8 – Diferença entre variabilidade no curto e no longo prazos	29
Figura 2.9 – Árvore de decisão para a estimativa do desvio padrão de curto e longo prazos	30
Figura 2.10 – Processo genérico constituído por três sub-processos, contendo dados sobre o número de unidades processadas, rejeitadas e retrabalhadas, bem sobre o número de defeitos e de oportunidades para defeito.....	36
Figura 2.11 – Fases inerentes ao ciclo de vida dos projectos Seis Sigma	38
Figura 2.12 – Principais objectivos e técnicas utilizadas em cada fase do mapa DMAIC.....	44
Figura 2.13 – Principais objectivos e técnicas utilizadas em cada fase do mapa DMADV	48
Figura 2.14 – Estratégia de criação de valor ICRA e as doze grande ideias	49
Figura 2.15 – Relação entre a estratégia de criação de valor ICRA, as metodologias Seis Sigma DMAIC e DFSS e a Trilogia de Juran	50
Figura 2.16 – Organização genérica de uma estrutura humana inerente a um sistema Seis Sigma... ..	52
Figura 3.1 – Enquadramento das abordagens metodológicas do Seis Sigma adoptado nesta tese. ..	60
Figura 3.2 – Tipos de sistemas, sua hierarquização e grau de tangibilidade	68
Figura 3.3 – Hierarquia dos sistemas técnicos	68
Figura 3.4 – Representação da estrutura de um dado sistema de interesse, consoante o nível de detalhe necessário para o caracterizar na totalidade	69
Figura 3.5 – Exemplo do enquadramento de um sistema de interesse (avião) no seio de uma hierarquia de sistemas	70
Figura 3.6 – Representação do posicionamento do sistema de interesse “avião” na estrutura hierárquica dos sistemas ilustrados no exemplo da figura 3.5	70
Figura 3.7 – Classes de inovação de acordo com a tipologia de Edquist <i>et al.</i> (2001)	74
Figura 3.8 – Grau de novidade de diferentes situações de inovação de produto, nas perspectivas da organização e do mercado.....	79
Figura 3.9 – Determinação do nível de inovação em função da existência de um conceito de referência e, em caso afirmativo, da magnitude da reconcepção efectuada	79
Figura 3.10 – Classificação dos níveis de inovação segundo Henderson e Clark	80
Figura 3.11 – Uma plataforma é partilhada por uma ou mais famílias de produtos/serviços, derivando, a partir desta(s), um conjunto de variantes	82
Figura 3.12 – Três domínios da prática do negócio onde podem ser desenvolvidas plataformas.....	84
Figura 3.13 – Crescente incerteza acerca do conjunto de requisitos funcionais que um determinado sistema deverá satisfazer ao longo do seu tempo útil de vida, de acordo com Tate	85
Figura 3.14 – Os quatro aspectos da alterabilidade de um sistema (fonte: Fricke e Schulz, 2005).....	86
Figura 3.15 – O valor de um produto, percebido, pelo cliente depende do desempenho funcional do mesmo	87
Figura 3.16 – Diagrama FAST.....	92
Figura 3.17 – Exemplo de aplicação da lógica “Como-Porquê” a um produto de calçado.....	92
Figura 3.18 – Estrutura funcional de acordo com a abordagem de Pahl e Beitz.....	94
Figura 3.19 – Exemplo de um diagrama funcional, na abordagem TRIZ, para a função “inserir prego”	95

Figura 3.20 – Representação dos vários tipos de funções num diagrama funcional TRIZ	95
Figura 3.21 – Exemplo de uma função útil excessiva (martelo não acerta correctamente na cabeça do martelo e este não é inserido conforme o requerido) que origina uma função nociva (dor nos dedos provocada por embate do martelo, dado este não ter acertado na cabeça do prego)	95
Figura 3.22 – Representação da função “inserir prego” de acordo com o modelo C&CM	97
Figura 3.23 – Das necessidades e expectativas dos clientes à determinação dos requisitos funcionais e constrangimentos, segundo Otto e Wood (2001)	98
Figura 3.24 – Conversão de requisitos em elementos de solução	99
Figura 3.25 – Processo conceptual de acordo com a GDT	100
Figura 3.26 – Mapeamento entre os domínios funcional e físico.....	101
Figura 3.27 – Para cada requisito funcional, podem existir diferentes parâmetros de projecto candidatos	102
Figura 3.28 – Os quatro domínios típicos considerados na teoria de Projecto Axiomático.....	104
Figura 3.29 – Probabilidade de sucesso no cumprimento de um determinado FR, quando este é satisfeito por um único DP	106
Figura 3.30 – Em cada nível de decomposição do sistema, é necessário definir os requisitos de projecto e os elementos de solução que os permitem satisfazer	108
Figura 3.31 – Decomposição em <i>zig-zag</i>	109
Figura 3.32 – A estrutura dos componentes, onde são integrados os DPs, pode ser diferente da estrutura do domínio físico	112
Figura 3.33 – O modelo em “V” numa abordagem de Projecto Axiomático	113
Figura 3.34 – Acrónimos adoptados como mapa de DFSS mais vezes sugeridos na literatura.	115
Figura 3.35 – Enquadramento de diferentes mapas metodológicos de DFSS no processo de concepção e desenvolvimento.	118
Figura 3.36 – Técnicas e ferramentas sugeridas por um conjunto relevante da literatura a utilizar num contexto de DFSS, ao longo do processo de concepção e desenvolvimento.	119
Figura 3.37 – A relação entre os mapas I ² DOV e CDOV.....	120
Figura 3.38 – Articulação entre diferentes metodologias do Seis Sigma, numa perspectiva de ciclo de vida dos produtos	121
Figura 3.39 – Decomposição das CTQCs num projecto de DFSS, quando a segunda abordagem é utilizada	122
Figura 3.40 – Relação $Y = f(X)$ entre CTQCs situadas em diferentes níveis de detalhe	123
Figura 3.41 – Modelo CPM (<i>Critical Parameter Management</i>)	124
Figura 3.42 – Decomposição dos requisitos críticos e verificação dos seus níveis de capacidade. ...	124
Figura 3.43 – Enquadramento da aplicação das duas vertentes metodológicas do Seis Sigma no ciclo de vida de produtos/serviços e processos.....	126
Figura 3.44 – Diferenças entre o Seis Sigma DMAIC e o DFSS, relativamente ao número de CTQC e à definição dos elemento de solução do sistema de interesse	127
Figura 3.45 – Simbiose entre os mapas DMAIC e DMADV.....	131
Figura 3.46 – Simbiose entre os mapas DMAIC e IDOV	131
Figura 4.1 – Enquadramento de vários dos mais relevantes referenciais de gestão na categorização indicada no ISO Guide 72.....	143
Figura 4.2 – Modelo da especificação PAS 99:2006	144
Figura 4.3 – Enquadramento das subcláusulas pertencentes à cláusula 7.3 da ISO 9001 no mapa DMADV utilizado em projectos de DFSS.....	158
Figura 4.4 – Enquadramento das subcláusulas pertencentes à cláusula 7.3 da ISO 9001 no mapa IDOV utilizado em projectos de DFSS.	159
Figura 4.5 – Enquadramento das cláusulas/subcláusulas da ISO 9001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.....	160
Figura 4.6 – Processo de criação de conhecimento organizacional.....	162
Figura 4.7 – Detalhe do processo de identificação de potenciais projectos Seis Sigma num contexto de integração com um sistema de gestão da qualidade ISO 9001	162

Figura 4.8 – Processo de revisão pela gestão num contexto de integração do Seis Sigma com um sistema de gestão da qualidade baseado no referencial ISO 9001	166
Figura 4.9 – Detalhe do processo de selecção de potenciais projectos Seis Sigma num contexto de integração com um sistema de gestão da qualidade ISO 9001	166
Figura 4.10 – Enquadramento das cláusulas/subcláusulas da ISO 14001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma	175
Figura 4.11 – Modelo para a melhoria da maturidade da gestão da SST com base no mapa DMAIC da metodologia Seis Sigma	182
Figura 4.12 – Enquadramento das cláusulas/subcláusulas da OHSAS 18001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.	185
Figura 4.13 – Enquadramento das cláusulas/subcláusulas da ISO/IEC 17025 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.	192
Figura 4.14 – Enquadramento das cláusulas/subcláusulas da ISO/IEC 17020 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.	198
Figura 4.15 – Modelo de ciclo de vida dos serviços de TI, de acordo com a ITIL v3	204
Figura 4.16 – Os 26 processos do ciclo de vida dos serviços de TI, de acordo com a ITIL v3.....	204
Figura 4.17 – Elementos e estádios do ciclo de vida que compõem o portefólio de serviços de TI ..	208
Figura 4.18 – Enquadramento das abordagens metodológicas do Seis Sigma com o modelo de ciclo de vida da ITIL v3.....	208
Figura 4.19 – Enquadramento das boas práticas e elementos da ITIL v3 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.	210
Figura 5.1 – Diagrama morfologia-maturidade de sistemas	219
Figura 5.2 – Matriz ICRA	221
Figura 5.3 – Âmbito dos projectos Seis Sigma para um nível de inovação correspondente à categoria de melhoria incremental, explicado do ponto de vista da teoria de Projecto Axiomático.	223
Figura 5.4 – Âmbito dos projectos Seis Sigma para um nível de inovação correspondente à categoria de inovação incremental, explicado do ponto de vista da teoria de Projecto Axiomático.	224
Figura 5.5 – Âmbito dos projectos Seis Sigma para um nível de inovação correspondente à categoria de inovação substancial, explicado do ponto de vista da teoria de Projecto Axiomático.	225
Figura 5.6 – Âmbito dos projectos Seis Sigma para um nível de inovação correspondente à categoria de inovação radical, explicado do ponto de vista da teoria de Projecto Axiomático.	225
Figura 5.7 – Lógica seguida para proceder à categorização da dimensão morfologia.	226
Figura 5.8 – Graus de tangibilidade para diferentes sistemas produto-serviço.....	229
Figura 5.9 – Graus de tangibilidade típicos dos sistemas de interesse enquadrados em cada uma das categorias de inovação, referentes aos quatro tipos de inovação	230
Figura 5.10 – Enquadramento e âmbito dos projectos Seis Sigma, atendendo à relação entre as diferentes categorias definidas para as dimensões morfologia e maturidade	231
Figura 5.11 – Variedade espacial e geracional	232
Figura 5.12 – Modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, proposto na tese.....	234
Figura 5.13 – Principais actividades associadas aos mapas metodológicos DMAIC e DMA(DV)C... ..	237
Figura 5.14 – Metodologia de DFSS proposta na tese, baseada no mapa IDOV	239
Figura 5.15 – Exemplo da construção de um CVCA	241
Figura 5.16 – Matriz de poder <i>versus</i> interesse	242
Figura 5.17 – Composição dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse.....	245
Figura 5.18 – Processo de refinamento de requisitos aplicáveis ao sistema de interesse	246
Figura 5.19 – Análise à sobreposição dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse	246
Figura 5.20 – Matriz dos coeficientes <i>CS/DS</i>	250
Figura 5.21 – Exemplo de uma grelha de Meyer e Lehnerd.....	251
Figura 5.22 – Determinação do conjunto inicial de requisitos funcionais atendendo à classificação das funções a eles associadas.....	255

Figura 5.23 – Resumo dos principais procedimentos adoptados na metodologia de DFSS até à etapa que antecede a realização do processo de decomposição	262
Figura 5.24 – Método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV)	263
Figura 5.25 – Articulação entre a decomposição baseada na teoria de Projecto Axiomático e a FAST	265
Figura 6.1 – Logótipo da STML – Engenharia de Manutenção, Lda.	278
Figura 6.2 – Organograma da STML – Engenharia de Manutenção, Lda.	279
Figura 6.3 – Estrutura documental do sistema de gestão da qualidade da STML	281
Figura 6.4 – Descrição do processo de “planeamento, melhoria e controlo do SGQ” e seus interfaces com outros processos e procedimentos dos SGQ	283
Figura 6.5 – Tratamento de não conformidades, baseado no ciclo DMAIC, de acordo com o previsto no procedimento intitulado “acções correctivas e preventivas”, referência PS-08-04....	283
Figura 6.6 – Tratamento de potenciais não conformidades, baseado no ciclo DMAIC, de acordo com o previsto no procedimento intitulado “acções correctivas e preventivas”, referência PS-08-04	284
Figura 6.7 – Entradas e saídas da revisão pela gestão do SGQ da STML, de acordo com o previsto no procedimento “revisão periódica do SGQ”, referência PS-05-01.....	285
Figura 6.8 – Procedimento da STML para o planeamento, realização e conclusão de projectos de melhoria contínua, baseado no mapa DMAIC	286
Figura 6.9 – Processo de concepção e desenvolvimento da STML, baseado no mapa ICOV da abordagem metodológica de DFSS	287
Figura 6.10 – Modelo de integração entre a norma ISO 9001 e o Seis Sigma, adoptado na STML .	289
Figura 6.11 – Proposta de Política da Qualidade da STML para ser adoptada no contexto de uma integração entre o SGQ, baseado na norma ISO 9001, e o programa Seis Sigma	289
Figura 6.12 – Estrutura humana definida para o programa Seis Sigma da STML.	290
Figura 6.13 – Árvore de CTQCs, correspondentes aos requisitos críticos associados à prestação do serviço de execução de instalações de gás, conforme a instrução de trabalho IT-07.5-03.....	291
Figura 6.14 – Definição de objectivos da qualidade na STML, de acordo com o procedimento intitulado “formulação de objectivos”, com a referência PS-08-03	292
Figura 6.15 – Relação entre CTQCs, KPIs e objectivos da qualidade SMART, de acordo com o procedimento sobre “formulação de objectivos”, referência PS-08-03.....	292
Figura 6.16 – Relação entre os processos e procedimentos do SGQ, as cláusulas/subcláusulas da norma ISO 9001 e as práticas previstas para terem lugar no programa Seis Sigma... ..	293
Figura 6.17 – Relação entre os registos (modelos de impresso) do SGQ, as cláusulas/subcláusulas da norma ISO 9001 e as práticas previstas para terem lugar no programa Seis Sigma	294
Figura 6.18 – Avaliação de fornecedores de materiais e equipamentos através do Nível Sigma, segundo o procedimento “avaliação e qualificação de fornecedores e subcontratados”, referência PS-07-01	296
Figura 6.19 – Logótipo do Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ)	303
Figura 6.20 – Marca ISQ	304
Figura 6.21 – Estrutura operacional do ISQ.....	304
Figura 6.22 – Estrutura documental da Unidade de Negócios GÁS e do ISQ e relação entre ambos	307
Figura 6.23 – Enquadramento dos procedimentos do sistema da qualidade da Unidade de Negócios GÁS nas actividades relacionadas com o ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.....	309
Figura 6.24 – Enquadramento dos diferentes tipos e níveis documentais em cada um dos subsistemas de gestão da Unidade de Negócios de CND	313
Figura 6.25 – Estrutura e âmbito dos documentos do(s) sistema(s) de gestão do ISQ e responsabilidades pela sua emissão	315
Figura 6.26 – Estrutura humana proposta para o programa Seis Sigma do ISQ.	319
Figura 7.1 – Logótipo da TNT Express Portugal	328
Figura 7.2 – Método para a identificação de potenciais projectos de DFSS, seguido no caso de aplicação realizado na TNT Portugal	330
Figura 7.3 – Análise do ciclo de vida dos principais grupos de serviços prestados pela TNT Portugal através da Curva “S”	330

Figura 7.4 – Aplicação da técnica de grupo nominal para seleccionar o melhor projecto de DFSS ..	331
Figura 7.5 – CVCA referente ao serviço da TNT especializado em eventos e campanhas	332
Figura 7.6 – Matriz de poder vs. interesse para priorização dos <i>stakeholders</i> contidos no CVCA ..	333
Figura 7.7 – Segmentação de mercado definida para o serviço TNT Eventos e Campanhas	334
Figura 7.8 – Apuramento do total de requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas, antes de se dar início ao processo de refinamento	335
Figura 7.9 – Resultados da aplicação do processo de refinamento dos requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas	335
Figura 7.10 – Linhas de produto e mercado-alvo do serviço TNT Eventos e Campanhas	338
Figura 7.11 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo I no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas	339
Figura 7.12 – Exemplo ilustrativo de um serviço inserido no âmbito do TNT Eventos e Campanhas envolvendo transporte e logística complementar.....	342
Figura 7.13 – Serviço-teste realizado no projecto de DFSS referente ao TNT Eventos e Campanhas	343
Figura 7.14 – Árvore de CTQCs para o serviço-teste realizado.	344
Figura 7.15 – Serviço-piloto realizado no projecto de DFSS referente ao TNT Eventos e Campanhas	346
Figura 7.16 – Logótipo da Sapa Building System Portugal.....	346
Figura 7.17 – CVCA referente ao sistema de batente, em alumínio, com ruptura térmica da Sapa. .	350
Figura 7.18 – Matriz de poder vs. interesse para priorização dos <i>stakeholders</i> contidos no CVCA.	350
Figura 7.19 – Apuramento do total de requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura de ponte térmica, antes de se dar início ao processo de refinamento.	352
Figura 7.20 – Resultados da aplicação do processo de refinamento dos requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura de ponte térmica.....	352
Figura 7.21 – Processo conducente à determinação, através de questionários “Importância-Kano”, do grau importância e da categoria de Kano, relativos a cada requisito aplicável ao sistema de batente com ruptura térmica, do ponto de vista dos vários grupos e segmentos de clientes.	353
Figura 7.22 – Matriz de Meyer e Lehnerd para posicionar os três modelos do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica, relativamente aos níveis de desempenho térmico pretendidos para os mesmos, e segmentos-alvo de utilizadores para cada um desses modelos.	355
Figura 7.23 – Enquadramento do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica e estratégias para personalização	358

Volume II

Figura I.1 – Ciclo de aquisição de conhecimento, ou ciclo de Shewhart.....	413
Figura I.2 – O novo ciclo de Shewhart	414
Figura I.3 – A “Roda de Deming”	414
Figura XIV.1 – Estrutura da ficha de mapeamento de processos, utilizada pela STML no âmbito do seu SGQ, incorporando o diagrama SIPOC e a matriz de responsabilidades RACI... ..	537
Figura XIV.2 – Enquadramento do SGQ e do programa Seis Sigma.....	540
Figura XIV.3 – Declaração do projecto Seis Sigma “ <i>Stocks</i> de materiais”	562
Figura XIV.4 – Cronograma e matriz RACI do projecto Seis Sigma “ <i>Stocks</i> de materiais”	563
Figura XIV.5 – Definição do âmbito do projecto Seis Sigma através do <i>In-Scope/Out-of-Scope</i>	563
Figura XIV.6 – Diagrama de Pareto relativo aos valores do <i>stock</i> dos artigos habitualmente armazenados e utilizados na prestação dos serviços.....	564
Figura XIV.7 – Classificação ABC dos artigos na análise de Pareto	565
Figura XIV.8– Diagrama de sistemas relativo ao âmbito do projecto Seis Sigma definido	565
Figura XIV.9 – Diagrama de Ishikawa sobre possíveis causas para os níveis desadequados de <i>stocks</i>	569

Figura XIV.10 – Diagrama de interrelações para análise das relações entre potenciais causas	569
Figura XIV.11 – Aplicação dos Cinco Porquês para identificação da(s) causa(s)-raiz.....	570
Figura XIV.12 – Relações $Y = f(X)$, referentes à gestão de <i>stocks</i> , através de uma árvore de CTQCs	570
Figura XIV.13 – Gráfico da Distribuição Normal e resultados do teste de Anderson-Darling	572
Figura XIV.14 – Série temporal do consumo mensal (em número de metros consumidos) do tubo do cobre com 22 mm de diâmetro exterior, e respectiva análise de tendência	572
Figura XIV.15– Representação gráfica do Nível de Serviço, <i>Stock</i> de Segurança e Ponto de Encomenda, quando o consumo de um artigo seguir uma Distribuição Normal.....	574
Figura XV.1 – Evolução do ISQ	584
Figura XV.2 – Serviços prestados pelo núcleo de sistemas de gestão da DEPE	588
Figura XV.3 – Resultados da avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma identificados pela Unidade de Negócios GÁS do ISQ	590
Figura XV.4 – Declaração do projecto Seis Sigma designado de “Relatório Sigma”	591
Figura XV.5 – Cronograma e matriz RACI do projecto Seis Sigma “Relatório Sigma”.....	592
Figura XV.6 – SIPOC do processo de inspecção de instalações de gás, com a delimitação das actividades do processo de maior interesse para o âmbito do projecto Seis Sigma...	592
Figura XV.7 – Diagrama de Pareto relativo à incidência dos diferentes tipos de erros no preenchimento dos relatórios de inspecção a instalações de gás.....	594
Figura XV.8 – Diagrama de Pareto relativo ao número de ocorrências de erros no preenchimento dos relatórios de inspecção para cada categoria/tipo de potenciais defeitos críticos .	595
Figura XV.9 – Quadrados que podem ser assinalados após se proceder à avaliação da conformidade da instalação de gás relativamente ao requisito crítico relacionado com a ligação aos aparelhos a gás.....	597
Figura XV.10 – Resultados do estudo de R&R por atributos: consistência das decisões de preenchimento do relatório por parte de cada inspector e entre os diferentes inspectores	598
Figura XV.11 – Resultados do estudo de R&R por atributos: concordância do preenchimento do relatório de inspecção com a referência indicada pelo responsável técnico.....	598
Figura XV.12 – Cartas de controlo relativas à análise da estabilidade do sistema de medição associado à realização de ensaios de estanquidade	600
Figura XV.13 – Resultados gráficos do estudo de R&R efectuado ao sistema de medição associado à realização dos ensaios de estanquidade.....	601
Figura XV.14 – Resultados analíticos do estudo de R&R efectuado ao sistema de medição associado à realização dos ensaios de estanquidade.....	601
Figura XV.15 – Diagrama de Ishikawa relativo às possíveis causas para a ocorrência de erros no preenchimento do campo “aparelhos a gás” contido no relatório de inspecção de instalações de gás.....	602
Figura XV.16 – Diagrama de afinidades das possíveis causas para a ocorrência de erros no preenchimento do campo “aparelhos a gás” no relatório de inspecção	602
Figura XV.17 – Utilização dos Cinco Porquês para apurar a causa raiz da ocorrência de erros no preenchimento do campo referente aos aparelhos a gás no relatório de inspecção	603
Figura XIX.1 – Estrutura da VHoQ	639
Figura XX.1 – Método para a identificação de potenciais projectos de DFSS seguido na TNT Portugal	647
Figura XX.2 – Diagrama de afinidades relativo às oportunidades de inovação	651
Figura XX.3 – Declaração do projecto de DFSS realizado na TNT Portugal	652
Figura XX.4 – Plano do projecto de DFSS na TNT Portugal, contendo cronograma e matriz RACI .	652
Figura XX.5 – Diagrama de afinidades dos requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas	656
Figura XX.6 – <i>Variety House of Quality</i> referente ao serviço TNT Eventos e Campanhas	661
Figura XX.7 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de armazenagem prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas	667

Figura XX.8 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de montagem/desmontagem prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas	671
Figura XX.9 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de logística de valor acrescentado prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas	677
Figura XX.10 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de armazenagem e de montagem/desmontagem prestados no TNT Eventos e Campanhas	680
Figura XX.11 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de armazenagem e de logística de valor acrescentado prestados no âmbito do TNT Eventos e Campanhas	684
Figura XX.12 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado prestados no âmbito do TNT Eventos e Campanhas	688
Figura XX.13 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de armazenagem, montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado prestados no âmbito do TNT Eventos e Campanhas	692
Figura XX.14 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR _{1(a)} .2.6, FR _{1(d)} .4.6, FR _{1(e)} .4.6, FR _{1(g)} .4.6).....	694
Figura XX.15 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR _{1(b)} .1.4, FR _{1(d)} .1.4)	694
Figura XX.16 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR _{1(b)} .2.4, FR _{1(d)} .2.4)	698
Figura XX.17 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR _{1(f)} .2.7, FR _{1(g)} .2.7)	700
Figura XX.18 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR _{1(c)} .1.7, FR _{1(e)} .1.7, FR _{1(f)} .1.7, FR _{1(g)} .1.7)	703
Figura XX.19 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR _{1(c)} .2.4, FR _{1(e)} .5.4, FR _{1(f)} .4.4, FR _{1(g)} .6.4)	705
Figura XX.20 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR _{1(c)} .3.4, FR _{1(e)} .2.4, FR _{1(f)} .5.4, FR _{1(g)} .7.4)	707
Figura XX.21 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços <i>standard</i> de transporte prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas	711
Figura XX.22 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de transporte à medida prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas	715
Figura XX.23 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR _{2(a)} .1.5)	717
Figura XX.24 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR _{2(a)} .3.4)	719
Figura XX.25 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR _{2(b)} .1.5)	721
Figura XX.26 – Diagrama <i>Input/Output</i> relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR _{2(b)} .3.4)	723
Figura XX.27 – Resumo da decomposição referente ao serviço TNT Eventos e Campanhas, quando estão envolvidas operações de transporte à medida (DP _{2b}) e operações complementares associadas a montagem/desmontagem e de valor acrescentado (DP _{1f}).	724
Figura XX.28 – Matriz global de projecto com todos os FRs e DPs situados no nível-folha, quando DP ₁ = DP _{1f} e DP ₂ = DP _{2b} (matriz construída através do <i>software</i> DFSS Acclaro).....	725
Figura XX.29 – Descrição do serviço-teste referente ao TNT Eventos e Campanhas.....	726
Figura XX.30 – Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem, bem como dos respectivos requisitos – Parte 1 – Serviço-teste	728

Figura XX.31 – Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem, bem como dos respectivos requisitos – Parte 2 – Serviço-teste	729
Figura XX.32 – Decisões de planeamento tendo em vista a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem requeridos – Parte 1 – Serviço-teste.....	730
Figura XX.33 – Decisões de planeamento tendo em vista a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem requeridos – Parte 2 – Serviço-teste.....	731
Figura XX.34 – Enquadramento dos serviços de transporte e respectivos requisitos – Serviço-teste.....	733
Figura XX.35 – Decisões de planeamento com vista à realização dos serviços de transporte requeridos – Serviço-teste	734
Figura XX.36 – Descrição do serviço-piloto referente ao TNT Eventos e Campanhas.....	735
Figura XX.37 – Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem, bem como dos respectivos requisitos – Parte 1 – Serviço-piloto	736
Figura XX.38 – Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem, bem como dos respectivos requisitos – Parte 2 – Serviço.piloto.....	737
Figura XX.39 – Decisões de planeamento tendo em vista a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem requeridos – Parte 1 – Serviço-piloto.....	738
Figura XX.40 – Decisões de planeamento tendo em vista a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem requeridos – Parte 2 – Serviço-piloto.....	739
Figura XX.41 – Enquadramento dos serviços de transporte e respectivos requisitos – Serviço-piloto.....	740
Figura XX.42 – Decisões de planeamento com vista à realização dos serviços de transporte requeridos – Serviço-piloto.....	741
Figura XXI.1 – Declaração do projecto de DFSS realizado na Sapa BS Portugal	746
Figura XXI.2 – Plano do projecto de DFSS na Sapa BS Portugal, contendo cronograma e matriz RACI	746
Figura XXI.3 – Diagrama de afinidades dos requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica.....	748
Figura XXI.4 – Versão do questionário “Importância-Kano” dirigida para o grupo de clientes “Utilizadores”.....	753
Figura XXI.5 – Versão do questionário “Importância-Kano” dirigida para o grupo de clientes “Transformadores e instaladores”	754
Figura XXI.6 – Versão do questionário “Importância-Kano” dirigida para os grupos de clientes “Projectistas/Arquitectos” e “Promotores imobiliários”	755
Figura XXI.7 – Determinação da dimensão amostral mínima utilizando o <i>software</i> da Moresteam ..	756
Figura XXI.8 – Resumo dos resultados obtidos na análise dos questionários “Importância-Kano”, que foram incluídos no.quarto 1 da <i>Variety House of Quality</i> (VHoQ).....	758
Figura XXI.9 – Resumo da decomposição referente ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica, para quando a tipologia de qualquer uma das variantes de batente de duas folhas	768
Figura XXI.10 – Matriz global de projecto com todos os FRs e DPs situados no nível-folha (matriz construída através do <i>software</i> DFSS Acclaro).....	769
Figura XXI.11 – Matriz global de projecto reordenada com todos os FRs e DPs situados no nível-folha (matriz construída através do <i>software</i> DFSS Acclaro).....	770
Figura XXI.12 – <i>Variety House of Quality</i> relativa ao projecto de DFSS realizado na Sapa BS Portugal.....	771

Índice de Quadros

Volume I

Quadro 2.1 - As três gerações do Seis Sigma	18
Quadro 2.2 – Definições para o conceito de “Seis Sigma” fornecidas por literatura relevante	21
Quadro 2.3 – Correspondência entre o número de <i>DPMO</i> e o Nível Sigma, com e sem o desvio de $\pm 1,5\sigma$ no valor da média do processo	27
Quadro 2.4 – Evolução da probabilidade de não ocorrer nenhum defeito em função do aumento do número de características críticas para a qualidade	33
Quadro 2.5 – Cálculo das métricas fundamentais para cada sub-processo e determinação das métricas fundamentais tendo em conta a globalidade do processo	36
Quadro 2.6 – Algumas das principais métricas oriundas do <i>Lean Management</i> , habitualmente usadas num contexto de <i>Lean Six Sigma</i>	37
Quadro 2.7 – Enquadramento das fontes de dados cujo tratamento e análise conduzem à identificação de potenciais projectos Seis Sigma	40
Quadro 2.8 – Critérios para proceder à avaliação e selecção de potenciais projectos Seis Sigma, por referência bibliográfica	41
Quadro 2.9 – Métodos propostos para avaliar a seleccionar potenciais projectos Seis Sigma	42
Quadro 2.10 – Actividades inerentes ao planeamento de um projecto Seis Sigma	43
Quadro 2.11 – Papéis de responsabilidades das funções inerentes a um sistema Seis Sigma	53
Quadro 2.12 – Diferenças de terminologia utilizada para designar as diferentes funções da estrutura humana de um sistema Seis Sigma	54
Quadro 3.1 – Literatura propondo metodologias de DFSS dirigidas para áreas ou sectores de actividade específicos	62
Quadro 3.2 – Literatura descrevendo casos de estudo relativos a aplicações de DFSS	63
Quadro 3.3 – Principais diferenças entre inovação incremental e inovação radical	76
Quadro 3.4 – Diferentes categorizações propostas na literatura para classificar os níveis de inovação	77
Quadro 3.5 – Níveis de inovação de acordo com a teoria TRIZ	78
Quadro 3.6 – Diferentes definições para o conceito de “função”, de acordo com um conjunto de abordagens de apoio ao projecto de sistemas	89
Quadro 3.7 – Exemplo de requisito funcional para um processo de facturação de uma organização, em que a característica associada é modelada através de uma variável contínua	90
Quadro 3.8 – Exemplo de requisito funcional para um processo de facturação de uma organização, em que a característica associada é modelada através de uma variável discreta	90
Quadro 3.9 – Satisfação do axioma da independência funcional, consoante as características da matriz de projecto, quando esta for uma matriz quadrada ($m = n$)	103
Quadro 3.10 – Distinção entre as actividades que fazem parte do processo de decomposição e aquelas que não fazem	110
Quadro 3.11 – Categorização dos parâmetros de projecto, DPs	111
Quadro 3.12 – Acrónimos relativos a mapas de DFSS adoptados por diferentes organizações	116
Quadro 3.13 – Resumo das principais diferenças entre o Seis Sigma DMAIC e o DFSS	129
Quadro 4.1 – Principais referenciais de gestão de carácter universal e sectorial.	141
Quadro 4.2 – Assuntos e elementos comuns aos referenciais de gestão, segundo o ISO Guide 72	142
Quadro 4.3 – Literatura que aborda a integração do Seis Sigma com diferentes referenciais normativos de gestão	145
Quadro 4.4 – Literatura que aborda a integração do Seis Sigma com diferentes referenciais de excelência	146
Quadro 4.5 – Literatura que aborda a integração do Seis Sigma com diferentes referenciais de melhores práticas	146
Quadro 4.6 – Literatura que aborda a integração do Seis Sigma com diferentes filosofias de gestão	146
Quadro 4.7 – Principais diferenças entre o Seis Sigma e o referencial ISO 9001	148

Quadro 4.8 – Modelos de integração entre o Seis Sigma e a norma ISO 9001 propostos na literatura	150
Quadro 4.9 – Relação entre as fases do ciclo DMAIC com as cláusulas e subcláusulas da ISO 9001	152
Quadro 4.10 – Quadro resumo do modelo proposto para integrar o Seis Sigma com as cláusulas e subcláusulas da norma ISO 9001, utilizando a estrutura do ISO Guide 72:2001	154
Quadro 4.11 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas da norma ISO 9001	157
Quadro 4.12 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir das cláusulas/subcláusulas da norma ISO 9001	164
Quadro 4.13 – Metodologia <i>Green Sigma</i>	170
Quadro 4.14 – Quadro resumo do modelo proposto para integrar o Seis Sigma com as cláusulas e subcláusulas da norma ISO 14001, utilizando a estrutura do ISO Guide 72:2001	174
Quadro 4.15 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir das cláusulas/subcláusulas da norma ISO 14001	176
Quadro 4.16 – Metodologia DMAIC do Seis Sigma na melhoria do desempenho da segurança e saúde nos locais de trabalho	181
Quadro 4.17 – Quadro resumo do modelo proposto para integrar o Seis Sigma com as cláusulas e subcláusulas da norma OHSAS 18001, utilizando a estrutura do ISO Guide 72:2001	184
Quadro 4.18 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir das cláusulas/subcláusulas da norma OHSAS 18001	187
Quadro 4.19 – Quadro resumo do modelo proposto para integrar o Seis Sigma com as cláusulas e subcláusulas da norma ISO/IEC 17025, utilizando a estrutura do ISO Guide 72:2001	191
Quadro 4.20 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir das cláusulas/subcláusulas da norma ISO/IEC 17025	194
Quadro 4.21 – Quadro resumo do modelo proposto para integrar o Seis Sigma com as cláusulas e subcláusulas da norma ISO/IEC 17020, utilizando a estrutura do ISO Guide 72:2001	197
Quadro 4.22 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir das cláusulas/subcláusulas da norma ISO/IEC 17020	200
Quadro 4.23 – Convergência de princípios inerentes à ITIL v3 e ao Seis Sigma	206
Quadro 4.24 – Correspondência entre as fases dos mapas DMAIC e DMADV com os estádios do ciclo de vida da ITIL v3	207
Quadro 4.25 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir da adopção das boas práticas da ITIL v3	212
Quadro 5.1 – Categorias da dimensão maturidade adoptadas na presente tese, seu significado e abordagens metodológicas do Seis Sigma aplicáveis a cada uma delas	222
Quadro 5.2 – Categorias adoptadas para a dimensão morfologia, seu significado e correspondência com o enfoque dos projectos Seis Sigma, de acordo com a estratégia de criação de valor ICRA	227
Quadro 5.3 – Comparação entre as categorias de <i>hardware</i> (produto físico) e serviço	229
Quadro 5.4 – Categorias propostas para a dimensão variedade e suas características principais	233
Quadro 5.5 – Tabela de conversão VOC, com exemplo para uma loja de venda de hamburgueres	244
Quadro 5.6 – Enquadramento de cada um dos <i>m</i> requisitos resultantes do processo de refinamento	247
Quadro 5.7 – Estratégia de elaboração e envio de questionários considerando a heterogeneidade dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse	249
Quadro 5.8 – Estrutura para a identificação e tipificação do conjunto completo de constrangimentos aplicáveis ao sistema de interesse, com inclusão de exemplo	256
Quadro 5.9 – Estrutura que permite relacionar os requisitos de projecto (FRs e Cs) com os requisitos aplicáveis ao sistema de interesse identificados na fase de <i>Identify</i> do IDOV, com inclusão de exemplo	257
Quadro 5.10 – Estrutura de uma tabela FR/DP para descrever os conjuntos iniciais de FRs e DPs, antes de se iniciar o processo de decomposição	260
Quadro 5.11 – Tabela FR/DP numa situação de variedade temporal, com inclusão de exemplo	261

Quadro 6.1 – Dados e informações utilizados para identificar potenciais projectos Seis Sigma	298
Quadro 6.2 – Potenciais projectos Seis Sigma identificados	299
Quadro 6.3 – Avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma através de uma matriz de prioridades	299
Quadro 6.4 – Técnicas e ferramentas usadas no projecto Seis Sigma realizado na STML.	301
Quadro 6.5 – Comparação entre os níveis de desempenho do processo de gestão de <i>stocks</i> , por artigo de classe A, em diferentes momentos de tempo do projecto Seis Sigma.....	302
Quadro 6.6 – Comparação entre níveis globais de desempenho do processo de gestão de <i>stocks</i> , em diferentes momentos de tempo do projecto Seis Sigma	302
Quadro 6.7 – Enquadramento das aplicações de integração com o Seis Sigma no ISQ	305
Quadro 6.8 – Sinergias entre os documentos do sistema da qualidade do GÁS e o programa Seis Sigma e enquadramento dessas sinergias nos assuntos principais do ISO Guide 72	308
Quadro 6.9 – Técnicas e ferramentas usadas no projecto Seis Sigma realizado na área GÁS	311
Quadro 6.10 – Comparação entre os níveis de desempenho registados antes e depois da introdução das melhorias que resultaram da realização do projecto Seis Sigma	312
Quadro 6.11 – Sinergias entre os processos e procedimentos funcionais do CND e o programa Seis Sigma e enquadramento dessas sinergias nos assuntos principais do ISO Guide 72 e nas cláusulas das normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001	314
Quadro 6.12 – Enquadramento dos procedimentos funcionais do ISQ nas cláusulas dos referenciais ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001	316
Quadro 7.1 – Enquadramento dos casos de aplicação relativamente aos factores morfologia maturidade e variedade, tendo em vista a utilização da metodologia de DFSS baseada no IDOV.....	327
Quadro 7.2 – Enquadramento das entrevistas presenciais realizadas.....	334
Quadro 7.3 – Aplicabilidade dos tipos de serviço a vários grupos de potenciais clientes.....	336
Quadro 7.4 – Lista de requisitos funcionais e constrangimentos, correspondentes tipificações e codificações, e sua relação com os 42 requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas	340
Quadro 7.5 – Tipificação dos constrangimentos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas e seu impacto no conjunto inicial de quatro requisitos funcionais	341
Quadro 7.6 – Tabela FR/DP para os conjuntos iniciais de FRs e DPs, referentes ao serviço TNT Eventos e Campanhas.....	341
Quadro 7.7 – <i>Design Scorecard</i> relativo ao desempenho estimado no serviço-teste realizado.	345
Quadro 7.8 – Número de entrevistas presenciais planeadas e realizadas por <i>stakeholder</i>	352
Quadro 7.9 – Lista de requisitos funcionais e constrangimentos, suas tipificações e codificações, e sua relação com os 37 requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica	356
Quadro 7.10 – Tipificação dos constrangimentos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica e seu impacto no conjunto inicial de cinco requisitos funcionais	357
Quadro 7.11 – Tabela FR/DP para os conjuntos iniciais de FRs e DPs, referentes ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica.....	358
Quadro 8.1 – Matriz de organização das conclusões da tese	365

Volume II

Quadro I.1 – Evolução da temática da qualidade no Japão	416
Quadro I.2 – Principais marcos e acontecimentos na área da Qualidade	424
Quadro I.3 – Contribuição de Walter A. Shewhart	429
Quadro I.4 – Contribuição de W. Edwards Deming	429
Quadro I.5 – Contribuição de Joseph M. Juran.....	430
Quadro I.6 – Contribuição de Armand V. Feigenbaum	430
Quadro I.7 – Contribuição de Philip B. Crosby.....	431
Quadro I.8 – Contribuição de Kaoru Ishikawa.....	431
Quadro I.9 – Contribuição de Genichi Taguchi	432

Quadro I.10 – Principais marcos e acontecimentos em torno do Seis Sigma	432
Quadro I.11 – Relação entre algumas das principais abordagens ou iniciativas da qualidade com os principais aspectos associados ao conceito de Seis Sigma	434
Quadro II.1 – Descrição de algumas das principais abordagens (métodos e técnicas) constantes na literatura para auxiliar no planeamento de famílias de produtos e das suas variantes	437
Quadro II.2 – Descrição de algumas das principais abordagens (métodos e técnicas) propostas na literatura para auxiliar na concepção e desenvolvimento de famílias de produtos e das suas variantes.....	438
Quadro III.1 – Sinergias de integração entre o Seis Sigma e o referencial ISO 9001 identificadas pela literatura.....	441
Quadro III.2 – Relação entre os princípios de gestão da qualidade e as definições encontradas na literatura para descrever o conceito “Seis Sigma”	442
Quadro IV.1 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 4 da norma ISO 9001	445
Quadro IV.2 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 5 da norma ISO 9001	445
Quadro IV.3 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 6 da norma ISO 9001	447
Quadro IV.4 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 7 da norma ISO 9001	448
Quadro IV.5 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 8 da norma ISO 9001	452
Quadro V.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001	459
Quadro V.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001.....	460
Quadro V.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001	462
Quadro V.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001	465
Quadro V.5 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Melhoria” do ISO Guide 72:2001	466
Quadro V.6 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Revisão pela gestão” do ISO Guide 72:2001	467
Quadro VI.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001	471
Quadro VI.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001	472
Quadro VI.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001	475
Quadro VI.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001.	477
Quadro VI.5 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Melhoria” do ISO Guide 72:2001	479

Quadro VI.6 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Revisão pela gestão” do ISO Guide 72:2001.	479
Quadro VII.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001	483
Quadro VII.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001.	484
Quadro VII.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001	487
Quadro VII.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001	489
Quadro VII.5 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Melhoria” do ISO Guide 72:2001	491
Quadro VII.6 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Revisão pela gestão” do ISO Guide 72:2001	492
Quadro VIII.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001	495
Quadro VIII.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001	496
Quadro VIII.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001	499
Quadro VIII.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001	502
Quadro VIII.5 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Melhoria” do ISO Guide 72:2001	503
Quadro VIII.6 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Revisão pela gestão” do ISO Guide 72:2001	504
Quadro IX.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001	507
Quadro IX.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001	508
Quadro IX.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001	511
Quadro IX.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001	514
Quadro IX.5 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Melhoria” do ISO Guide 72:2001	516

Quadro IX.6 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Revisão pela gestão” do ISO Guide 72:2001	516
Quadro X.1 – Linhas de orientação sobre a sequência da decomposição.....	519
Quadro X.2 – Linhas de orientação sobre a geração de sub-FRs.....	519
Quadro X.3 – Linhas de orientação sobre o desdobramento e refinamento de Cs.....	520
Quadro X.4 – Linhas de orientação sobre a integração de sub-DPs.....	521
Quadro X.5 – Linhas de orientação sobre a verificação da consistência da decomposição	521
Quadro XI.1 – Acrónimos relativos a mapas de DFSS propostos pela literatura, com indicação de quais e quantas referências adoptam cada um dos acrónimos.....	525
Quadro XII.1 – Plano de comunicação.....	529
Quadro XII.2 – Plano de comprometimento	530
Quadro XIII.1 – Aplicabilidade um conjunto de técnicas/ferramentas relevantes no mapa DMAIC ...	533
Quadro XIII.2 – Aplicabilidade um conjunto de técnicas/ferramentas relevantes no mapa DMA(DV)C	534
Quadro XIV.1 – Sumário dos processos-chave do sistema de gestão da qualidade da STML.	538
Quadro XIV.2 – Tipificação das auditorias internas	540
Quadro XIV.3 – Constituição das equipas auditoras por tipo de auditoria	541
Quadro XIV.4 – Requisitos mínimos de competência para os auditores internos.....	541
Quadro XIV.5 – Modelos de impressos aplicáveis no âmbito do procedimento	545
Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna.....	546
Quadro XIV.7 – Detalhe da classificação ABC dos artigos na análise de Pareto	565
Quadro XIV.8 – Indicadores-chave definidos para medir o desempenho da gestão de <i>stocks</i>	566
Quadro XIV.9 – Valores do Nível Médio de <i>Stock</i> , estimados para os artigos de classe A, em 2009	567
Quadro XIV.10 – Valores da Taxa de Rotação de <i>Stock</i> , apurados para os artigos de classe A, em 2009	568
Quadro XIV.11 – Valores do Nível de Serviço, estimados para os artigos de classe A, em 2009.....	568
Quadro XIV.12 – Custos totais dos <i>stocks</i> estimados para os artigos de classe A, em 2009	569
Quadro XIV.13 – Técnicas de previsão e valores dos seus parâmetros que, pelo facto de minimizarem o valor de MSE, serão usadas para estimar o consumo esperado de cada artigo de classe A	569
Quadro XIV.14 – Previsões da média e desvio-padrão do consumo para os artigos de classe A	569
Quadro XIV.15 – Quantidades óptimas de encomenda para os artigos de classe A, assim como valores do <i>stock</i> de segurança e ponto de encomenda para os Níveis de Serviço indicados.....	575
Quadro XIV.16 – Planeamento das acções de melhoria através da técnica 5W1H.....	576
Quadro XIV.17 – Comparação entre os níveis iniciais de desempenho e os níveis previstos de desempenho após a adopção das acções de melhoria	577
Quadro XIV.18 – Comparação entre níveis globais de desempenho do processo de gestão de <i>stocks</i> , relativamente aos artigos de classe A, em termos de Nível Sigma e de Nível de Serviço	577
Quadro XIV.19 – Plano de controlo para o processo de gestão de <i>stocks</i>	578
Quadro XIV.20 – Níveis de desempenho estimados seis meses após o encerramento do projecto Seis Sigma, e sua comparação com os determinados na fase de <i>Measure</i> e previstos na fase de <i>Improve</i>	578
Quadro XIV.21 – Níveis globais de desempenho estimados seis meses após o encerramento do projecto Seis Sigma, e sua comparação com aqueles que foram determinados na fase de <i>Measure</i> e previstos na fase de <i>Improve</i>	579
Quadro XV.1 – Exemplos de alguns dos principais clientes do ISQ	585
Quadro XV.2 – Descrição das oportunidades para defeito consideradas haver em cada relatório de inspecção a instalações de gás que seja preenchido	593
Quadro XV.3 – Incidência de cada tipo de erro, resultante do número de ocorrências verificadas na amostra de 200 relatórios de inspecção e do índice de gravidade atribuído	594
Quadro XV.4 – Tabela de CTQC referente à oportunidade para defeito “potenciais defeitos críticos”.	595
Quadro XV.5 – Tabela de CTQC referente à oportunidade para defeito “ensaio de estanquidade”	596

Quadro XV.6 – Dados recolhidos tendo em vista a realização de um estudo de R&R por atributos ao sistema de medição associado à inspeção das ligações da instalação de gás aos aparelhos	597
Quadro XV.7 – Dados recolhidos tendo em vista a realização de uma análise à estabilidade do sistema de medição associado à execução de ensaios de estanquidade a instalações de gás	599
Quadro XV.8 – Dados recolhidos tendo em vista a realização um estudo de R&R ao sistema de medição associado à execução dos ensaios de estanquidade a instalações de gás	600
Quadro XV.9 – FMEA referente à realização dos ensaios de estanquidade.....	603
Quadro XV.10 – Planeamento das acções de melhoria através da técnica 5W1H (projecto “Relatório Sigma”)	604
Quadro XV.11 – Número de ocorrências de preenchimento incorrecto do relatório de inspecção, por oportunidade para defeito, constatada na nova amostra de 200 relatórios	605
Quadro XV.12 – Comparação entre os níveis de desempenho registados antes e depois da introdução das melhorias que resultaram da realização do projecto Seis Sigma	605
Quadro XV.13 – FMEA contendo os valores de NPR após a implementação das acções de melhoria relativas aos ensaios de estanquidade	606
Quadro XVII.1 – Estado da arte das metodologias de DFSS relativamente à dimensão “morfologia”	629
Quadro XVII.2 – Estado da arte das metodologias de DFSS relativamente à dimensão “maturidade”	630
Quadro XVII.3 – Estado da arte das metodologias de DFSS relativamente à dimensão “variedade”	631
Quadro XVIII.1 – Exemplos de impactos ambientais causados pelos factores de desperdício mencionados pela abordagem <i>Lean</i>	635
Quadro XIX.1 – Simbologia utilizada nas células das matrizes da VHoQ	640
Quadro XX.1 – Parte da tabela VOC relativa à análise dos resultados das entrevistas internas	648
Quadro XX.2 – Parte da tabela VOC relativa à análise dos resultados da sessão de <i>brainstorming</i>	649
Quadro XX.3 – Parte da tabela VOC relativa à análise das sugestões e reclamações dos clientes .	650
Quadro XX.4 – Parte da tabela VOC relativa à conversão das “vozes” dos clientes em necessidades e expectativas – Projecto da TNT Eventos e Campanhas.....	655
Quadro XX.5 – Relação entre os requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas, que resultaram do processo de refinamento, e os cinco grupos de potenciais clientes desse serviço.....	657
Quadro XX.6 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1a}	664
Quadro XX.7 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha para o elemento de solução DP_1 recair sobre o DP_{1a}	665
Quadro XX.8 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1b}	668
Quadro XX.9 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha para o elemento de solução DP_1 recair sobre o DP_{1b}	669
Quadro XX.10 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1c}	672
Quadro XX.11 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha para o elemento de solução DP_1 recair sobre o DP_{1c}	673
Quadro XX.12 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1d}	678
Quadro XX.13 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha para o elemento de solução DP_1 recair sobre o DP_{1d}	679
Quadro XX.14 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1e}	681
Quadro XX.15 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha para o elemento de solução DP_1 recair sobre o DP_{1e}	683

Quadro XX.16 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1f}	685
Quadro XX.17 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha para o elemento de solução DP_1 recair sobre o DP_{1f}	687
Quadro XX.18 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1g}	689
Quadro XX.19 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha para o elemento de solução DP_1 recair sobre o DP_{1g}	691
Quadro XX.20 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós $FR_{1(a).2}-DP_{1(a).2}$, $FR_{1(d).4}-DP_{1(d).4}$, $FR_{1(e).4}-DP_{1(e).4}$ e $FR_{1(g).4}-DP_{1(g).4}$	693
Quadro XX.21 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós $FR_{1(a).2}-DP_{1(a).2}$, $FR_{1(d).4}-DP_{1(d).4}$, $FR_{1(e).4}-DP_{1(e).4}$ e $FR_{1(g).4}-DP_{1(g).4}$	694
Quadro XX.22 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós $FR_{1(b).1}-DP_{1(b).1}$ e $FR_{1(d).1}-DP_{1(d).1}$	695
Quadro XX.23 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós $FR_{1(b).1}-DP_{1(b).1}$ e $FR_{1(d).1}-DP_{1(d).1}$	696
Quadro XX.24 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós $FR_{1(b).2}-DP_{1(b).2}$ e $FR_{1(d).2}-DP_{1(d).2}$	697
Quadro XX.25 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós $FR_{1(b).2}-DP_{1(b).2}$ e $FR_{1(d).2}-DP_{1(d).2}$	697
Quadro XX.26 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós $FR_{1(f).2}-DP_{1(f).2}$ e $FR_{1(g).2}-DP_{1(g).2}$	699
Quadro XX.27 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós $FR_{1(f).2}-DP_{1(f).2}$ e $FR_{1(g).2}-DP_{1(g).2}$	700
Quadro XX.28 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós $FR_{1(c).1}-DP_{1(c).1}$, $FR_{1(e).1}-DP_{1(e).1}$, $FR_{1(f).1}-DP_{1(f).1}$ e $FR_{1(g).1}-DP_{1(g).1}$	701
Quadro XX.29 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós $FR_{1(c).1}-DP_{1(c).1}$, $FR_{1(e).1}-DP_{1(e).1}$, $FR_{1(f).1}-DP_{1(f).1}$ e $FR_{1(g).1}-DP_{1(g).1}$	702
Quadro XX.30 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós $FR_{1(c).2}-DP_{1(c).2}$, $FR_{1(e).5}-DP_{1(e).5}$, $FR_{1(f).4}-DP_{1(f).4}$ e $FR_{1(g).6}-DP_{1(g).6}$	704
Quadro XX.31 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós $FR_{1(c).2}-DP_{1(c).2}$, $FR_{1(e).5}-DP_{1(e).5}$, $FR_{1(f).4}-DP_{1(f).4}$ e $FR_{1(g).6}-DP_{1(g).6}$	705
Quadro XX.32 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós $FR_{1(c).3}-DP_{1(c).3}$, $FR_{1(e).2}-DP_{1(e).2}$, $FR_{1(f).5}-DP_{1(f).5}$ e $FR_{1(g).7}-DP_{1(g).7}$	706
Quadro XX.33 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós $FR_{1(c).3}-DP_{1(c).3}$, $FR_{1(e).2}-DP_{1(e).2}$, $FR_{1(f).5}-DP_{1(f).5}$ e $FR_{1(g).7}-DP_{1(g).7}$	707
Quadro XX.34 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_2-DP_2 , quando a escolha do elemento de solução DP_2 recair sobre DP_{2a}	708
Quadro XX.35 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR_2-DP_2 , quando a escolha para o elemento de solução DP_2 recair sobre o DP_{2a}	710
Quadro XX.36 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_2-DP_2 , quando a escolha do elemento de solução DP_2 recair sobre DP_{2b}	711
Quadro XX.37 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR_2-DP_2 , quando a escolha para o elemento de solução DP_2 recair sobre o DP_{2b}	713
Quadro XX.38 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó $FR_{2(a).1}-DP_{2(a).1}$	715
Quadro XX.39 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição do nó $FR_{2(a).1}-DP_{2(a).1}$	716
Quadro XX.40 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó $FR_{2(a).3}-DP_{2(a).3}$	717
Quadro XX.41 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição do nó $FR_{2(a).3}-DP_{2(a).3}$	718
Quadro XX.42 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó $FR_{2(b).1}-DP_{2(b).1}$	719

Quadro XX.43 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição do nó $FR_{2(b).1}$ - $DP_{2(b).1}$	721
Quadro XX.44 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó $FR_{2(b).3}$ - $DP_{2(b).3}$	722
Quadro XX.45 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição do nó $FR_{2(b).3}$ - $DP_{2(b).3}$	723
Quadro XXI.1 – Parte da tabela VOC relativa à conversão das “vozes” dos clientes em necessidades e expectativas – Projecto da Sapa BS Portugal	747
Quadro XXI.2 – Enquadramento dos requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica, relativamente aos quatro principais grupos de clientes, aos objectivos da Sapa BS Portugal, e a situações reveladoras da presença de variedade espacial	749
Quadro XXI.3 – Estratégia seguida na elaboração das quatro versões de questionários no projecto de DFSS da Sapa BS Portugal.....	750
Quadro XXI.4 – Planeamento e resultados do inquérito-piloto realizado aos seguintes grupos de clientes: 1) Transformadores e instaladores; 2) Promotores imobiliários; 3) Projectistas/Arquitectos	752
Quadro XXI.5 – Planeamento e resultados do inquérito-piloto realizado aos segmentos de utilizadores.....	752
Quadro XXI.6 – Plano de amostragem.e dados sobre a recepção dos questionários, relativamente aos <i>stakeholders</i> (grupos de clientes) indicados.....	756
Quadro XXI.7 – Plano de amostragem.e dados sobre a recepção dos questionários, relativamente aos segmentos de utilizadores indicados	757
Quadro XXI.8 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1 - DP_1	760
Quadro XXI.9 – Tabela FR/DP (nível 2 da hierarquia) resultante da decomposição do nó FR_1 - DP_1	761
Quadro XXI.10 – Constrangimentos refinados, em consequência da decomposição do nó $FR_{1.3}$ - $DP_{1.3}$, do nível 2 para o nível 3 da hierarquia	762
Quadro XXI.11 – Tabela FR/DP resultante da decomposição do nó $FR_{1.3}$ - $DP_{1.3}$	762
Quadro XXI.12 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_2 - DP_2	763
Quadro XXI.13 – Tabela FR/DP (nível 2 da hierarquia) resultante da decomposição do nó FR_2 - DP_2	764
Quadro XXI.14 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó $FR_{3(b)}$ - $DP_{3(b)}$..	765
Quadro XXI.15 – Tabela FR/DP (nível 2 da hierarquia) resultante da decomposição do nó $FR_{3(b)}$ - $DP_{3(b)}$	766
Quadro XXI.16 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_4 - DP_4	767
Quadro XXI.17 – Tabela FR/DP (nível 2 da hierarquia) resultante da decomposição do nó FR_4 - DP_4 ..	767

Abreviaturas, siglas e símbolos

5W1H	“ <i>What?, Who?, When?, Why?, Where?, How?</i> ”
5W2H	“ <i>What?, Who?, When?, Why?, Where?, How?, How much?</i> ”
[A]	Matriz de projecto que relaciona os FRs com os DPs
A_i	Número de respondentes do questionário de Kano que classificam o requisito i de atraente
A_{ij}	Elemento da matriz de projecto [A] que relaciona o i -ésimo FR com o j -ésimo DP
AHP	“ <i>Analytical Hierarchy Process</i> ” – Processo de Hierarquização Analítica
AIL	“ <i>Average Inventory Level</i> ” – Nível Médio de Inventários
ANOVA	“ <i>Analysis of Variance</i> ” – Análise de Variância
APDL	“ <i>Axiomatic Product Development Lifecycle</i> ”
$b_{h.o.CTQC_j}$	Nível de desempenho técnico da actual versão do sistema de interesse disponibilizado pela nossa organização, considerando a variante V_h , relativamente ao cumprimento das definições operacionais da j -ésima CTQC (relativo à estrutura da VHoQ)
$b_{h.g.CTQC_j}$	Nível de desempenho técnico da actual versão do sistema de interesse disponibilizado pelo concorrente U_g , considerando a variante V_h , relativamente ao cumprimento das definições operacionais da j -ésima CTQC (relativo à estrutura da VHoQ)
[B]	Matriz de projecto que relaciona os DPs com os PVs
BPM	“ <i>Business Process Model</i> ” – Modelo de gestão dos Processos do Negócio
BPR	“ <i>Business Process Reengineering</i> ” – Reengenharia dos Processos do Negócio
c_4	Constante dependente unicamente da dimensão da amostra
c_{ij}	Factor de correlação na metodologia de Wang e Ma (2007)
c_{ij}	Correlação entre a $CTQC_i$ e $CTQC_{ij}$ (relativo à estrutura da VHoQ)
C_p	Índice de capacidade potencial do processo
C_{pk}	Índice de capacidade do processo
C	Constrangimento
CDOV	“ <i>Concept, Design, Optimise, Verify</i> ” – Conceito, Projecto, Optimização, Verificação
CFR	“ <i>Critical Functional Response</i> ”
CN	“ <i>Customer Needs</i> ” – Necessidades dos Clientes
COPE	“ <i>COmplex Product Environment</i> ”
CPM	“ <i>Critical Parameter Management</i> ”
CS	Coeficiente de satisfação
CS_i	Coeficiente de satisfação relativo ao i -ésimo requisito

$CS_{i(k)}$	Valor do coeficiente de satisfação CS do i -ésimo requisito, para o grupo/segmento de clientes S_k (relativo à estrutura da VHoQ)
CSS	“ <i>Channel and Support Structures</i> ” – Estruturas de Canal e Suporte
CTFSpec	“ <i>Critical to Function Specification</i> ”
CTQC	“ <i>Critical to Quality Characteristic</i> ” – Característica Crítica para a Qualidade
$CTQC_j$	Descrição da j -ésima CTQC (relativo à estrutura da VHoQ)
CVCA	“ <i>Customer Value Chain Analysis</i> ”
C&CM	“ <i>Contact and Channel Model</i> ”
d_2	Constante dependente unicamente da dimensão da amostra
DEA	“ <i>Data Envelopment Analysis</i> ”
DFA	“ <i>Design for Assembly</i> ”
DFMEA	“ <i>Design FMEA</i> ”
DFSS	“ <i>Design for Six Sigma</i> ” – Projecto para Seis Sigma
DFx	“ <i>Design for X</i> ”
DMADV	“ <i>Define, Measure, Analyse, Design, Verify/Validate</i> ” – Definir, Medir, Analisar, Conceber, Verificar/Validar
DMA(DV)C	“ <i>Define, Measure, Analyse (Design, Verify), Control</i> ” – Definir, Medir, Analisar (Conceber, Verificar), Controlar
DMAIC	“ <i>Define, Measure, Analyse, Improve, Control</i> ” – Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar
DM	“ <i>Design Matrix</i> ” – Matriz de Projecto
DOE	“ <i>Design of Experiments</i> ” – Desenho/Planeamento de Experiências
DP	“ <i>Design Parameter</i> ” – Parâmetro de Projecto ou Elemento de Solução
{DP}	Matriz-vector dos parâmetros de projecto
DP_j	j -ésimo parâmetro de projecto
DPO	“ <i>Defects per Opportunity</i> ” – Defeitos por Oportunidade
$DPMO$	“ <i>Defects per Million of Opportunities</i> ” – Número de Defeitos por Milhão de Oportunidades
$DPMO_{CP}$	Número de defeitos por milhão de oportunidades no curto prazo
$DPMO_{Global}$	Número de $DPMO$ global do processo
$DPMO_{LP}$	Número de defeitos por milhão de oportunidades no longo prazo
DPU	“ <i>Defects per Unit</i> ” – Defeitos por Unidade Produzida
DS	Coeficiente de insatisfação
DS_i	Coeficiente de insatisfação relativo ao i -ésimo requisito
$DS_{i(k)}$	Valor do coeficiente de insatisfação DS do i -ésimo requisito, para o grupo/segmento de clientes S_k (relativo à estrutura da VHoQ)

DSM	“ <i>Design Structure Matrix</i> ”
$e_{i-h,0}(k)$	Nível de desempenho percebido pelo grupo/segmento de clientes S_k , relativamente ao modo como a actual versão do sistema de interesse disponibilizado pela nossa organização, considerando a variante V_h , consegue satisfazer o i -ésimo requisito (relativo à estrutura da VHoQ)
$e_{i-h,g}(k)$	Nível de desempenho percebido pelo grupo/segmento de clientes S_k , relativamente ao modo como a actual versão do sistema de interesse disponibilizado pelo concorrente U_g , considerando a variante V_h , consegue satisfazer o i -ésimo requisito (relativo à estrutura da VHoQ)
EFQM	“ <i>European Foundation for Quality Management</i> ”
ELSSA	“ <i>Environmental Lean Six Sigma Assessment</i> ”
FAST	“ <i>Functional Analysis System Technique</i> ” – Técnica para a Análise Funcional de um Sistema
FMEA	“ <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> ” – Análise Modal de Falhas e seus Efeitos
FPD	“ <i>Final Proportion Defective</i> ” – Proporção Real de Defeitos
FR	“ <i>Functional Requirement</i> ” – Requisito Funcional
{FR}	Matriz-vector dos requisitos funcionais
FR_i	i -ésimo requisito funcional
FTA	“ <i>Fault Tree Analysis</i> ” – Árvore de Análise de Falhas
FY	“ <i>Final Yield</i> ” – Rendimento Pontual Aparente do Processo
GDT	“ <i>General Design Theory</i> ” – Teoria Geral de Projecto
H	Expectativa de que determinado requisito esteja associado a mudanças geracionais de magnitude elevada
HC	“ <i>Holding Costs</i> ” – Custo de Posse de Inventários
I	Conteúdo de Informação
I_{FRi}	Conteúdo de Informação relativo ao i -ésimo FR (FR_i)
I_i	Número de respondentes do questionário de Kano que classificam o requisito i de indiferente
I_{Tobal}	Conteúdo de Informação para todo o sistema
ICOV	“ <i>Identify, Characterise, Optimise, Verify/Validate</i> ” – Identificar, Caracterizar, Optimizar, Verificar/Validar
ICRA	“ <i>Innovation, Configuration, Realization, Attenuation</i> ” – Inovação, Configuração, Realização, Atenuação
IDEA	“ <i>Identify, Define, Evaluate, Activate</i> ” – Identificar, Definir, Avaliar, Activar
IDI	Investigação, Desenvolvimento e Inovação
IDOV	“ <i>Identify, Design, Optimise, Verify/Validate</i> ” – Identificar, Conceber, Optimizar, Verificar/Validar
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
ITIL	“ <i>Information Technology Infrastructure Library</i> ”

I^2DOV	<i>“Invention & Innovation, Develop, Optimise, Verify”</i> – Invenção & Inovação, Desenvolvimento, Optimização, Verificação
$K_i(k)$	Categoria do modelo de Kano em que se insere o i -ésimo requisito, para o grupo/segmento de clientes S_k (relativo à estrutura da VHoQ)
KPI	<i>“Key Performance Indicator”</i> – Indicador-chave de Desempenho
KPIV	<i>“Key Process Input Variable”</i> – Variável-chave de Entrada do Processo
KPOV	<i>“Key Process Input Variable”</i> – Variável-chave de Saída do Processo
L	Expectativa de que determinado requisito esteja associado a mudanças geracionais de magnitude baixa
LIE	Limite Inferior de Especificação
LMAD	<i>“Launch, Manage, Adapt, Discontinue”</i> – Lançar, Gerir, Adaptar, Descontinuar
LSE	Limite Superior de Especificação
m	Número de subgrupos, ou de amostras aleatórias, recolhidos ao longo do tempo
M	Expectativa de que determinado requisito esteja associado a mudanças geracionais de magnitude média
MBNQA	<i>“Malcolm Baldrige National Quality Award”</i>
MDCV	Método de Decomposição Centrado na Criação de Valor
MECE	<i>“Mutually Exclusive, Completely Exhaustive”</i>
MFD	<i>“Modular Function Deployment”</i>
\overline{MR}	Média das amplitudes móveis
n	Dimensão amostral
n_j	Dimensão amostral para o subgrupo número “ j ”
N_h	h -ésimo factor de ruído
NPD	<i>“New Product Development”</i>
NY	<i>“Normalised Yield”</i> – Rendimento Global do Processo Normalizado
PPAP	<i>“Production Part Approval Process”</i>
OEE	<i>“Overall Equipment Effectiveness”</i> – Operação Efectiva do Equipamento
O_i	Número de respondentes do questionário de Kano que classificam o requisito i de obrigatório
QAS	Qualidade, Ambiente e Segurança
QFD	<i>“Quality Function Deployment”</i> – Desdobramento da Função Qualidade
PD	<i>“Proportion Defective”</i> – Proporção Aparente de Defeitos
PDCA	<i>“Plan, Do, Check, Act”</i> – Planear, Executar, Verificar, Actuar
PDPC	Gráfico de Decisão do Processo
PE	<i>“Process Cycle Efficiency”</i> – Eficiência de Ciclo do Processo
PFMEA	<i>“Process FMEA”</i>

P_i	Probabilidade de o i -ésimo requisito funcional (FR_i) ser satisfeito
PLT	“ <i>Process Lead Time</i> ” – Tempo de Ciclo de um Processo
PPI	“ <i>Pareto Priority Index</i> ” – Índice de Prioridade de Pareto
PV	“ <i>Process Variable</i> ” – Variável do Processo
{ PV }	Matriz-vector das variáveis do processo
r_{ci}	Descrição do i -ésimo requisito aplicável ao sistema de interesse (incluído na estrutura da VHoQ)
$r_{ij}(k)$	Intensidade da relação entre o i -ésimo requisito aplicável ao sistema de interesse e a j -ésima CTQC, quando é considerado o grupo/segmento de clientes S_k (relativo à estrutura da VHoQ)
r'_C	Conjunto de l requisitos, aplicáveis ao sistema de interesse, que são submetidos à análise de correlação na metodologia de Wang e Ma (2007)
\bar{R}	Média das amplitudes de amostras
R_C	Conjunto final e definitivo de n requisitos, aplicáveis ao sistema de interesse
R_{CTQC}	Conjunto de p CTQCs que foram priorizadas na sequência da aplicação da Casa da Qualidade ou de uma das suas vertentes
R_i	Índice de correlação proposto por Wang e Ma (2007)
RACI	“ <i>Responsible for, Accountable for, Consulted, Informed</i> ”
RC_i	Magnitude das mudanças esperadas, no futuro, para o i -ésimo requisito, em virtude da evolução das necessidades dos clientes e/ou de outros factores relevantes do mercado (relativo à estrutura da VHoQ)
RR	“ <i>Rework Rate</i> ” – Taxa de Retrabalho
RTY	“ <i>Rolled Throughput Yield</i> ” – Rendimento Global do Processo
R&R	Repetibilidade e Reprodutibilidade
$\bar{R}_{Móvel}$	Mediana das amplitudes móveis
R'_C	Conjunto de m requisitos, aplicáveis ao sistema de interesse, obtidos no final do processo de refinamento
\bar{s}	Média dos desvios-padrão de amostras
S	Conjunto de s grupos/segmentos de clientes, considerados suficientemente heterogéneos para merecerem uma análise separada (relativo à VHoQ)
S_k	k -ésimo grupo/segmento de clientes que fazem parte do conjunto S
SC	“ <i>System Component</i> ” – Componente do Sistema
SG	Sistema de Gestão
SGA	Sistema de Gestão Ambiental
SGQ	Sistema de Gestão da Qualidade
SGSST	Sistema de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho
SIPOC	“ <i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers</i> ” – Fornecedores, Entradas, Processo, Saídas, Clientes

S_i	i -ésimo factor de sinal
SMART	“ <i>Specific, Measurable, Attainable, Relevant, Time-bounded</i> ” – Objectivos específicos, mensuráveis, atingíveis, relevantes e definidos no tempo
SPC	“ <i>Statistical Process Control</i> ” – Controlo Estatístico do Processo
SST	Segurança e Saúde no Trabalho
T	Valor nominal da especificação
TI	Tecnologias de informação
TOC	“ <i>Theory of Constraints</i> ” – Teoria das Restrições
TPY	“ <i>Throughput Yield</i> ” – Rendimento Pontual Real do Processo
TRIZ	Acrónimo russo que significa Teoria de Resolução de Problemas Inventivos
UAPL	“ <i>Understand, Analyse, Plan, Launch</i> ” – Compreender, Analisar, Planear, Lançar
U_i	Número de respondentes do questionário de Kano que classificam o requisito i de proporcional
VHOQ	“ <i>Variety House of Quality</i> ”
VOC	“ <i>Voice of the Customer</i> ” – Voz dos Clientes
VSM	“ <i>Value Stream Mapping</i> ”
$w_{CTQC_j}(k)$	Valor relativo da pontuação obtida para a j -ésima CTQC, quando considerado o grupo/segmento de clientes S_k (relativo à estrutura da VHoQ)
$w_i(k)$	Importância média relativa, atribuída pelo grupo/segmento de clientes S_k , ao i -ésimo requisito (relativo à estrutura da VHoQ)
$W_{CTQC_j}(k)$	Valor absoluto da pontuação obtida para a j -ésima CTQC, quando considerado o grupo/segmento de clientes S_k (relativo à estrutura da VHoQ)
$W_i(k)$	Importância média absoluta da importância atribuída, pelo grupo/segmento de clientes S_k , ao i -ésimo requisito (relativo à estrutura da VHoQ)
WSP	“ <i>Working Surface Pairs</i> ” – Pares de Superfície de Trabalho
X	Variável de entrada do processo ou factor controlável
X_i	i -ésima variável de entrada
Y	Variável de saída do processo
y_i	Valor da CTQC referente à observação “ i ” da amostra aleatória retirada da população
y_{ij}	Valor da CTQC referente à observação “ i ” referente ao subgrupo número “ j ”
\bar{y}	Média dos valores da CTQC observados na amostra aleatória retirada da população
$\bar{\bar{y}}$	Média global de todos os valores da CTQC observados em todos os subgrupos
Y_j	j -ésima variável de saída
Z	Nível Sigma
Z_{CP}	Nível Sigma de curto prazo

$Z_{CP(LIE)}$	Nível Sigma de curto prazo, considerando apenas o limite inferior de especificação
$Z_{CP(LSE)}$	Nível Sigma de curto prazo, considerando apenas o limite superior de especificação
Z_{Global}	Nível Sigma global de um processo
Z_{LP}	Nível Sigma de longo prazo
$Z_{LP(LIE)}$	Nível Sigma de longo prazo, considerando apenas o limite inferior de especificação
$Z_{LP(LSE)}$	Nível Sigma de longo prazo, considerando apenas o limite superior de especificação
$\Phi(Z_{CP(LIE)})$	Probabilidade de o valor da CTQC, no curto prazo, ser menor do que o LIE
$\Phi(Z_{CP(LSE)})$	Probabilidade de o valor da CTQC, no curto prazo, ser maior do que o LSE
$\Phi(Z_{LP(LIE)})$	Probabilidade de o valor da CTQC, no longo prazo, ser menor do que o LIE
$\Phi(Z_{LP(LSE)})$	Probabilidade de o valor da CTQC, no longo prazo, ser maior do que o LSE
μ	Média do processo
$\hat{\mu}$	Estimativa da media do processo
σ	Desvio-padrão do processo
$\hat{\sigma}$	Estimativa do desvio-padrão do processo
$\hat{\sigma}_{CP}$	Estimativa do desvio-padrão de curto prazo do processo
$\hat{\sigma}_{LP}$	Estimativa do desvio-padrão de longo prazo do processo

PARTE I

ENQUADRAMENTO DA INVESTIGAÇÃO E LEVANTAMENTO DO ESTADO DA ARTE

CAPÍTULO 1

Introdução

1.1. Motivação

O século XXI tem trazido consigo rápidas e crescentes transformações nos planos económico, social e político. As profundas alterações que se têm registado no sistema financeiro, as rápidas evoluções tecnológicas, os fortes crescimentos registados nos países emergentes em contraste com a estagnação de muitas das nações mais desenvolvidas, entre outros factores, têm tido um forte impacto sobre as economias, mercados, empresas e pessoas. Este cenário de mudança constitui, por outro lado, uma oportunidade para as organizações, através de apostas firmes na qualidade, excelência e inovação, procurarem assegurar uma posição competitiva vantajosa e sustentável no processo concorrencial.

Neste contexto, os processos e métodos de concepção e desenvolvimento de novos produtos, serviços e processos, ou de reconcepção e melhoria significativa de soluções existentes, assumem-se como instrumentos verdadeiramente relevantes para empresas e instituições que pretendam incrementar a sua capacidade para inovar de forma contínua e sistemática. Paralelamente, a sustentabilidade das organizações, na sua capacidade para continuar a criar valor no longo prazo, depende fortemente da adopção efectiva das melhores práticas de gestão em diferentes domínios. Particularmente em Portugal, revela-se da maior relevância, para o tecido empresarial nacional, o estudo aprofundado e a aplicação prática de modelos de gestão organizacional (Matias e Coelho, 2011) e de metodologias estruturadas orientadas para a concepção e desenvolvimento de sistemas (Lopes e Teixeira, 2009), seja esse sistema um produto, serviço, processo, ou de um outro tipo.

Uma das abordagens que pode desempenhar um papel importante, perante tais desafios, é o Seis Sigma (De Mast, 2007). Infelizmente, este é frequentemente encarado de forma redutora, sendo perspectivado como uma mera metodologia de melhoria contínua do desempenho de produtos e processos (Basu e Wright, 2003; Bremer *et al.*, 2004), que utiliza de forma articulada, para o efeito, um vasto conjunto de técnicas e ferramentas estatísticas. É convicção do autor desta tese que o Seis Sigma é uma abordagem muito mais completa, que pode também actuar com eficácia em dois terrenos vitais para o sucesso competitivo das organizações: (1) ao nível do sistema de gestão organizacional e do negócio; (2) ao nível do processo de inovação.

Relativamente ao primeiro, os relatos de sucesso a nível de aplicação do Seis Sigma provêm de empresas (e.g. *General Electric, Motorola, DuPont*) que foram capazes de enquadrar a abordagem no

seu sistema de gestão. Nesta perspectiva, o Seis Sigma é parte integrante do sistema de gestão global de uma organização, o qual é geralmente constituído por subsistemas específicos, tais como, por exemplo, os seguintes: gestão estratégica, gestão da qualidade, gestão ambiental, gestão da segurança e saúde no trabalho, entre outros. Esta realidade realça a importância de desenvolver modelos, mecanismos e linhas de orientação que permitam às organizações integrar o Seis Sigma com diversos referenciais de gestão, incluindo os normativos (Salah *et al.*, 2010). Face aos contextos europeu, em geral, e português, em particular, a integração com as normas ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001, entre outras em que a adesão de empresas e instituições seja significativa, assumem especial relevância.

Em relação ao segundo terreno, o Seis Sigma, numa perspectiva metodológica, abarca ciclos de concepção e desenvolvimento (Hoerl e Gardner, 2010), através da abordagem de Projecto para Seis Sigma (DFSS – *Design for Six Sigma*). Esta vertente metodológica, ainda relativamente recente, carecendo, por esse facto, de ser trabalhada com maior profundidade (Shahin, 2008), pode fornecer às empresas um processo sistemático composto por uma sequência lógica de etapas que, através da utilização articulada de um conjunto de técnicas e ferramentas, possibilitam o projecto de produtos, serviços e processos inovadores, conceptualmente correctos e com níveis de qualidade e de desempenho superiores.

1.2. Definição do problema

Uma metodologia de DFSS deve viabilizar a realização de projectos de concepção e desenvolvimento de produtos, serviços, processos, organizações, infraestruturas, ou de qualquer outro tipo de sistema, independentemente da sua morfologia ou tipologia (Lunau *et al.* 2009). A maioria das metodologias de DFSS disponíveis na literatura está, todavia, predominantemente orientada para o desenvolvimento de produtos do tipo *hardware*. Mais recentemente, a partir sobretudo de 2005, têm surgido propostas com o intuito de facilitar a aplicação de projectos de DFSS à medida de outras morfologias de sistemas, nomeadamente para os casos de inovação de serviços e de *software*. Neste sentido, urge o desenvolvimento de uma metodologia de DFSS que possa ser aplicada a qualquer tipo de sistema que se pretenda conceber e desenvolver, adequando, sempre que necessário, as soluções metodológicas, incluindo as técnicas e ferramentas a utilizar, de acordo com a especificidade desse sistema de interesse.

Para além da morfologia, também a maturidade do sistema de interesse, ou seja, da entidade que se pretende projectar de raiz ou reconceber, deve ser tida em conta na realização de projectos de DFSS (Jugulum e Samuel, 2008). A maturidade prende-se com o grau de novidade conceptual a introduzir nesse sistema, o que está, portanto, relacionado com o nível de inovação inerente ao projecto de DFSS. A influência do nível de inovação, na condução de projectos de DFSS, tem sido reconhecida por vários autores, havendo mesmo quem defenda a utilização de diferentes mapas metodológicos consoante o nível de inovação seja de ordem incremental ou, pelo contrário, assuma uma vertente mais radical. Apesar disto, e na medida em que o nível de inovação é um factor determinante na

escolha do mapa metodológico a adoptar na realização de um projecto Seis Sigma, importa explorar e trabalhar melhor este assunto.

Outro vector relevante a considerar durante um projecto de DFSS, prende-se com a variedade de requisitos que a solução a materializar deverá satisfazer (Thomas e Singh, 2006). A diversidade de requisitos pode surgir, entre outras eventuais razões, devido à heterogeneidade entre segmentos de mercado, ao elevado número de funcionalidades a desempenhar pelo sistema de interesse ao longo do seu tempo útil de vida, ou ainda por evoluções das condições dos mercados, que ditarão, no futuro, novas necessidades e expectativas. Numa altura em que a competitividade das organizações depende em grande medida da capacidade de personalização dos seus produtos e serviços, este é um assunto que assume uma crescente importância. Apesar disso, e de ser um assunto estudado noutras áreas de investigação relacionadas com o desenvolvimento de produtos, tem sido muito pouco discutido, ou sequer abordado, na literatura sobre DFSS, o que representa uma das maiores lacunas no estado da arte desta temática. Por essa razão, é pertinente a realização de um trabalho que ajude a categorizar diferentes tipos de variedade e a identificar os métodos e técnicas de apoio a cada um deles.

O processo de decomposição, relativo ao desdobramento de requisitos, funções e elementos de solução, abrange algumas das actividades conceptuais mais importantes de um projecto de DFSS. O sucesso deste processo depende da consistência com que as decisões sobre a arquitectura do sistema (Tate, 1999), que se encontra em concepção e desenvolvimento, são tomadas ao longo dos diferentes níveis de detalhe. Infelizmente, as actuais metodologias de DFSS não abordam convenientemente este tópico. Sabendo da influência que as decisões conceptuais, tomadas durante o processo de decomposição, têm para o valor final do sistema de interesse e para a sua qualidade percebida (Yang e El-Haik, 2003), é importante levar a cabo uma investigação que dote a metodologia de DFSS de um método de decomposição que assegure, o mais possível, a consistência de todas as decisões conceptuais.

Outro desafio que motiva o desenvolvimento deste trabalho de investigação reside em analisar as semelhanças, diferenças e complementaridades entre a metodologia de melhoria contínua do Seis Sigma, apoiada no mapa DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*), e a vertente de inovação, congregada no DFSS. Embora vários especialistas tenham aprofundado esta questão (Seis Sigma DMAIC *versus* DFSS), ainda está por propor um processo sistemático que, estando devidamente enquadrado nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma¹ e convenientemente articulado com os mapas metodológicos definidos para diferentes níveis de inovação, indique qual a melhor abordagem metodológica a seguir e que, simultaneamente, descreva as sinergias e forneça os pontos de confluência entre as duas, caso seja necessário transitar de uma para outra abordagem.

Com a crescente adesão voluntária, por parte de empresas e instituições, aos referenciais de gestão para efeitos de certificação, de onde se destaca a norma ISO 9001, o sucesso de implementação de um programa Seis Sigma numa organização dependerá, em grande medida, da sua capacidade em integrá-lo com o(s) sistema(s) de gestão aí em vigor (Pfeifer *et al.*, 2004). Torna-se então desafiante desenvolver modelos e linhas de orientação que auxiliem as organizações a articular o Seis Sigma

¹ O ciclo de vida tem início com a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, passa pela selecção, planeamento e realização dos mais relevantes e termina, na fase de pós-projecto, com a difusão das melhores práticas e lições aprendidas.

com um conjunto dos mais relevantes referenciais de gestão, até porque as soluções disponibilizadas pela literatura são normalmente muito genéricas e meramente conceptuais (Bewoor e Pawar, 2010). Dada a relevância que os seguintes referenciais de gestão assumem, a sua integração com o Seis Sigma merece ser estudada: ISO 9001:2008 (sistemas de gestão da qualidade), ISO 14001:2004 (sistemas de gestão ambiental), OHSAS 18001:2007 (sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho), ISO/IEC 17025:2005 (acreditação de laboratórios de ensaios e calibração), ISO/IEC 17020:1998 (acreditação de organismos de inspecção) e ITIL v3 (melhores práticas de gestão dos serviços de tecnologias de informação).

1.3. Relevância do tema

Embora partilhem um leque comum de objectivos, princípios e estratégias, a diversidade de metodologias de DFSS é vasta, possivelmente por ser uma abordagem relativamente recente. Tal manifesta-se sobretudo no número elevado de diferentes acrónimos utilizados para nomear as fases associadas à metodologia, mas também nalgumas divergências nas próprias abordagens procedimentais (Cronemyr, 2007), que importa comparar e compreender. As múltiplas abordagens metodológicas existentes sobre DFSS necessitam, portanto, de ser compiladas, analisadas e comparadas, de modo a determinar com maior precisão as principais semelhanças e diferenças entre elas. Este trabalho, que precisa ser realizado com alguma profundidade, encontra-se ainda por fazer.

Alguns mapas de DFSS têm sido propostos a pensar no grau de tangibilidade de certos tipos de sistemas, isto é, na sua morfologia; outros entram em linha de conta com o grau de inovação associado ao projecto de DFSS, que depende do nível de maturidade do sistema de interesse. No entanto, nenhuma metodologia analisa, conjuntamente, o modo como ambas as dimensões determinam algumas especificidades procedimentais e/ou de abordagem, que necessitam ser tidas em conta numa metodologia de DFSS. Por outro lado, as metodologias de DFSS têm incidido em casos em que o desenvolvimento diz respeito a um único produto, serviço ou processo, conhecendo-se, com algum grau de certeza, os requisitos funcionais a desempenhar pelo mesmo durante o seu período útil de vida. Deste modo, assume grande utilidade e interesse a formulação de uma metodologia de DFSS, devidamente testada e validada no terreno, que reúna os mecanismos necessários a poder ser utilizada em qualquer projecto de concepção e desenvolvimento, independentemente dos tipos de morfologia, maturidade e variedade nele envolvidos.

A incorporação de novos métodos, técnicas e/ou ferramentas na metodologia de DFSS proposta, no sentido de contribuir para a resolução de algumas das áreas de melhoria identificadas nas abordagens de DFSS existentes, é igualmente um aspecto relevante para o trabalho que se pretende desenvolver na tese. Em particular, é importante determinar métodos, técnicas e/ou ferramentas que permitam, de forma eficaz,:

- Incrementar a capacidade de identificar, a partir da análise da cadeia de valor, os mais relevantes *stakeholders* (clientes e outras partes interessadas), face ao âmbito do projecto de DFSS.

- Estudar as relações e interacções entre os diferentes *stakeholders*.
- Gerir situações de heterogeneidade nas necessidades e expectativas entre diferentes grupos ou segmentos de clientes.
- Apurar com rigor o conjunto de requisitos de projecto, aplicáveis ao sistema de interesse a conceber e desenvolver, devidamente rastreáveis às necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas relevantes
- Assegurar a consistência das decisões conceptuais durante o processo de decomposição.
- Aumentar a aplicabilidade dos princípios da Análise do Valor num contexto de DFSS.

Frequentemente, é preciso decidir se o projecto Seis Sigma a realizar deve passar pela melhoria do sistema existente, ou se, por outro lado, esse sistema deve ser reconcebido (Bañuelas e Antony, 2004). Além disso, é necessário determinar o mapa metodológico mais indicado à realização do projecto (Hambleton, 2007). Tais decisões devem ser tomadas, sempre que possível, ainda antes do arranque do projecto Seis Sigma (Ginn e Varner, 2004). Como tal, assume grande importância o desenvolvimento de um processo sistemático que apoie a tomada de decisão relativamente às questões referidas. Infelizmente, nem sempre a totalidade da informação, necessária para tomar a decisão mais acertada, se encontra disponível nas fases de pré-projecto. Por vezes, a informação apenas vai ficando disponível à medida que o projecto Seis Sigma vai decorrendo, pelo que se pode chegar à conclusão, algures a meio do projecto, de que a abordagem escolhida inicialmente não terá sido a mais indicada. Para lidar com esta possibilidade, urge o desenvolvimento de soluções eficazes que permitam às equipas de projecto transitar de um mapa metodológico para outro (e.g. passar do mapa IDOV, usado no DFSS, para o DMAIC, da abordagem de melhoria contínua), sem comprometer significativamente o trabalho até aí desenvolvido.

Empresas e instituições tendem a adoptar um leque cada vez mais alargado de referenciais de gestão, optando, muitas vezes, por implementá-los através do desenvolvimento de um único e integrado sistema de gestão. A integração de sistemas decorre do princípio da abordagem à gestão como um sistema. Nesta linha de raciocínio, a importância de desenvolver soluções que permitam articular, eficazmente, o Seis Sigma com diferentes referenciais de gestão tem sido sublinhada por inúmeros autores, tais como Ricondo e Viles (2005), Raisinghani *et al.* (2005), De Mast (2007) e Salah *et al.* (2010). Apesar disso, as publicações em torno deste assunto são relativamente escassas e, além disso, muito genéricas e conceptuais, sendo, também por isso, de todo o interesse explorá-lo e desenvolvê-lo mais aprofundadamente.

Pela relevância desse referencial nos contextos empresarial e académico, a integração da abordagem Seis Sigma com os sistemas de gestão da qualidade, baseados na norma ISO 9001, merece particular atenção. Essa integração será estendida a outros cinco referenciais de importância indiscutível: (1) referenciais de gestão ambiental (ISO 14001); (2) referenciais de gestão da segurança e saúde no trabalho (OHSAS 18001); (3) referenciais para acreditação de laboratórios de ensaios e calibração (ISO/IEC 17025); (4) referenciais para acreditação de organismos de inspecção (ISO/IEC 17020); (5) referencial ITIL relativo às melhores práticas para a gestão dos serviços de tecnologias de informação.

1.4. Objectivos da tese

Os principais objectivos da presente tese são os seguintes:

1. Apresentar uma metodologia de DFSS que seja aplicável à concepção e desenvolvimento de qualquer tipo de sistema de interesse, entrando, para esse efeito, em linha de conta com as seguintes três dimensões:
 - *Morfologia* – Dimensão associada à tipologia do sistema de interesse e que, portanto, se encontra relacionada com o tipo de inovação inerente ao projecto de DFSS.
 - *Maturidade* – Dimensão associada ao grau de novidade conceptual a introduzir no sistema de interesse, estando, assim, relacionado com o nível de inovação inerente ao projecto de DFSS.
 - *Variedade* – Dimensão associada à heterogeneidade dos requisitos de projecto a satisfazer pelo sistema de interesse por diferentes gerações do sistema de interesse, ou por duas ou mais variantes desse sistema de interesse.
2. Incorporar na metodologia de DFSS, soluções que permitam:
 - Identificar todas as partes interessadas relevantes no sistema de interesse a desenvolver, compreendendo as interrelações entre elas e o seu papel em toda a cadeia de valor.
 - Assegurar a consistência das decisões conceptuais, que ocorrem durante as actividades de decomposição, inerentes ao processo de concepção e desenvolvimento.
3. Desenvolver um modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, que permita:
 - Enquadrar as cláusulas e subcláusulas de vários dos principais referenciais de gestão, no âmbito da identificação, avaliação, selecção, planeamento, realização e encerramento de projectos Seis Sigma, incluindo os de DFSS; dessa forma, pretende-se viabilizar a articulação desses referenciais com as actividades inerentes a um programa Seis Sigma.
 - Determinar, o mais cedo possível, a melhor abordagem (Seis Sigma DMAIC ou DFSS) e o mapa metodológico mais adequado, para proceder à realização de cada projecto Seis Sigma.
 - Tirar partido das sinergias e simbioses existentes entre o DFSS e a metodologia de melhoria contínua, baseada no ciclo DMAIC, de modo a permitir que as equipas de projecto possam, sempre que se justificar, transitar entre mapas metodológicos distintos sem, para tal, prejudicar significativamente o trabalho realizado.
4. Integrar o Seis Sigma com um conjunto relevante de referenciais de gestão, nomeadamente os seguintes:
 - Referencial normativo ISO 9001, para a certificação de sistemas de gestão da qualidade.
 - Referencial normativo ISO 14001, para a certificação de sistemas de gestão ambiental.
 - Referencial normativo OHSAS 18001, para a certificação de sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho.

- Referencial normativo ISO/IEC 17025, para a acreditação de laboratórios de ensaio e calibração.
 - Referencial normativo ISO/IEC 17020, para a acreditação de organismos de inspecção.
 - Referencial ITIL, contendo as boas práticas de gestão dos serviços de tecnologias de informação (TI).
5. Validar as metodologias desenvolvidas, tendo por base a sua implementação em contexto empresarial, aferindo sobre a possibilidade e os benefícios para as organizações com actividade em Portugal e, conseqüentemente, para a economia nacional, da adopção das abordagens apresentadas nesta tese.

1.5. Organização da tese

Esta tese desenrola-se ao longo de oito capítulos, que se encontram organizados em torno de duas partes principais, conforme se indica de seguida:

- Parte I – Enquadramento da investigação e levantamento do estado da arte.
 - Capítulo 1 – Introdução.
 - Capítulo 2 – Seis Sigma.
 - Capítulo 3 – Projecto para Seis Sigma (DFSS).
- Parte II – Contributos e respostas decorrentes da investigação efectuada.
 - Capítulo 4 – Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão.
 - Capítulo 5 – Metodologia de DFSS considerando três factores: morfologia, maturidade e variedade.
 - Capítulo 6 – Casos de aplicação: Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão.
 - Capítulo 7 – Casos de aplicação: Metodologia de DFSS.
 - Capítulo 8 – Conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

No capítulo 1, que agora finda, introduzem-se e enquadram-se as temáticas abordadas na tese, caracteriza-se o problema a abordar, descreve-se a relevância do seu estudo, enumeram-se os objectivos da tese e apresenta-se a sua estrutura.

O capítulo 2, intitulado *Seis Sigma*, começa por efectuar um enquadramento histórico e evolutivo sobre a abordagem Seis Sigma, servindo de base para discutir as tendências futuras desta temática. São depois apresentadas e descritas em detalhe três formas diferentes, mas complementares de enunciar e perspectivar o conceito de Seis Sigma: (1) como métrica; (2) como metodologia; (3) como sistema de gestão. Enquanto métrica, são expostos os pressupostos estatísticos que estiveram na base do desenvolvimento inicial do Seis Sigma, e apresentadas várias das principais métricas para estimar o desempenho de um dado processo, produto ou serviço. São depois apresentadas as duas

abordagens que podem ser adoptadas na realização de um projecto Seis Sigma: (1) a de melhoria contínua, que assenta no mapa ou ciclo DMAIC; (2) a de inovação, associada a uma perspectiva de DFSS. Finalmente, o Seis Sigma é analisado enquanto sistema de gestão, que envolve, entre outros, a estrutura humana de um programa Seis Sigma, a articulação deste com as actividades estratégicas de uma organização, ou ainda a sua integração com outros referenciais e modelos de gestão.

No capítulo 3, designado de *Projecto para Seis Sigma (DFSS)*, começa-se por explorar as origens que estão na génese desta recente abordagem metodológica do Seis Sigma, para, então, se aprofundar o significado dos mais importantes fundamentos, princípios e definições do DFSS. São posteriormente desenvolvidos e discutidos conceitos importantes, no contexto de uma metodologia de DFSS, que merecem particular relevância nesta tese. Havendo uma variedade significativa de mapas metodológicos de DFSS, materializada em múltiplos acrónimos, procurar-se-á, por um lado, compreender as suas semelhanças e diferenças e, por outro, certificar quais os mais utilizados. Uma vez que existem diferenças de abordagem e de técnicas/ferramentas utilizadas, mesmo em metodologias de DFSS que adoptam um mesmo acrónimo, efectua-se um conjunto de análises comparativas entre as principais metodologias de DFSS constantes da literatura mais relevante. O capítulo encerra com uma análise aprofundada ao Seis Sigma, na perspectiva de metodologia, que permitirá identificar as semelhanças, diferenças e sinergias entre a vertente de melhoria contínua, espelhada na utilização do mapa DMAIC, e a de inovação, incorporada no DFSS.

No capítulo 4, chamado *Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão*, começa-se por fundamentar a relevância e os benefícios decorrentes da integração do Seis Sigma com outros referenciais e modelos de gestão frequentemente adoptados pelas organizações. São seguidamente propostas e desenvolvidas soluções, na forma de modelos e de linhas de orientação, que permitam, de uma forma sistemática e abrangente, tirar partido das complementaridades entre o Seis Sigma e as versões mais recentes de alguns dos referenciais normativos de gestão mais adoptados, nomeadamente os seguintes: ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO/IEC 17025 e ISO/IEC 17020. Este capítulo propõe ainda soluções que permitam integrar e tirar partido das sinergias existentes entre o Seis Sigma e as “melhores práticas” de gestão dos serviços e processos de tecnologias de informação, descritas na actual versão do modelo ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*).

No capítulo 5, com o título *Metodologia de DFSS considerando três factores: morfologia, maturidade e variedade*, são, em primeiro lugar, discutidos, em profundidade, os factores referidos. Tal permitirá estabelecer e propor uma categorização para cada um dos três, o que será importante para a metodologia de DFSS a propor no capítulo. Antes de apresentar e desenvolver a metodologia de DFSS, são definidos os mapas metodológicos que podem ser adoptados na realização de projectos Seis Sigma, incluindo os de DFSS; simultaneamente, esses mapas são devidamente enquadrados em cada uma das quatro categorias estabelecidas para a dimensão maturidade. A metodologia de DFSS proposta assenta no mapa metodológico IDOV, sendo aplicável em projectos que envolvam níveis de inovação substancial ou radical. A metodologia sugere a adopção de um conjunto de procedimentos, métodos, técnicas e/ou ferramentas, contemplando também a sugestão de linhas de orientação, que viabilizem a sua utilização na concepção e desenvolvimento de qualquer tipologia de sistema, esteja ou não envolvida alguma situação que se enquadre na dimensão variedade. A metodologia de DFSS

é devidamente enquadrada no ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, através de um modelo que, entre outros aspectos, também fornece um processo sistemático para determinar, o mais cedo possível, o mapa metodológico mais adequado à realização de qualquer projecto Seis Sigma, seja este de DFSS ou não, bem como mecanismos para transitar, já durante a realização de um dado projecto, para outro mapa metodológico, caso tal se revele necessário.

O capítulo 6, intitulado *Casos de aplicação: Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão*, diz respeito à parte experimental da tese, em que os modelos e linhas de orientação propostos no capítulo 4, tendo em vista a integração do Seis Sigma com outros referenciais de gestão, são testados em contexto empresarial. Através dos dois casos de aplicação descritos, a aplicação das soluções de integração consegue abranger a totalidade dos referenciais normativos de gestão desenvolvidos no capítulo 4. Os resultados dessas aplicações, em organizações de sectores de actividades diferentes, são apresentados, analisados, discutidos e as principais conclusões retiradas.

No capítulo 7, denominado de *Casos de aplicação: Metodologia de DFSS*, a metodologia proposta no capítulo 5 é testada em ambiente empresarial, em organizações pertencentes a sectores de actividade distintos. À semelhança do anterior capítulo, são contemplados dois casos de aplicação, os quais envolvem diferentes combinações de morfologia, maturidade e variedade, de modo a que a metodologia de DFSS possa ser testada em contextos diversos. Os resultados destes dois casos de aplicação são analisados e discutidos, para que um conjunto relevante de conclusões possa ser retirado.

No capítulo 8, *Conclusões e sugestões para trabalhos futuros*, são descritas as conclusões finais do trabalho levado a cabo nesta tese e são sugeridas linhas de investigação para o desenvolvimento de trabalhos futuros nas áreas do conhecimento aqui abordadas.

CAPÍTULO 2

Seis Sigma

2.1. Introdução

Este capítulo tem por objectivo compilar, descrever e discutir, de forma abrangente, os principais conceitos, perspectivas e abordagens existentes em torno da temática do Seis Sigma.

O Seis Sigma, desenvolvido em meados da década de 1980 no seio da empresa norte-americana *Motorola*, surgiu num contexto de crescente difusão dos princípios da gestão pela qualidade total entre as organizações industriais dos países ocidentais economicamente mais desenvolvidos. Curiosamente, os padrões evolutivos do Seis Sigma, verificados desde essa época até agora, tiveram um comportamento idêntico àqueles que se registaram na disciplina da Qualidade. Neste capítulo, começar-se-á por retratar cronologicamente as origens e o desenvolvimento da abordagem Seis Sigma, efectuando-se um enquadrando dos mesmo no processo evolutivo da Qualidade. Estes exercícios permitirão identificar um conjunto de tópicos e assuntos emergentes relativos à área do Seis Sigma e, dessa forma, perspectivar um conjunto de tendências evolutivas em torno da mesma.

Dado encontrarem-se inúmeros significados para o conceito de “Seis Sigma”, o capítulo prosseguirá com a apresentação das principais definições fornecidas pela literatura científica e a compilação dos principais aspectos que, normalmente, aparecem associados ao conceito. Ver-se-á que, independentemente do conteúdo das várias definições, o Seis Sigma pode ser enquadrado em três perspectivas complementares, mas com abrangências diferentes:

- 1) Seis Sigma como métrica.
- 2) Seis Sigma como metodologia.
- 3) Seis Sigma como sistema alargado de gestão.

Enquanto métrica, e em linhas gerais, significa que um determinado processo apresenta uma capacidade para satisfazer todos os requisitos críticos, aplicáveis ao bem ou serviço produzido, a uma taxa que, no pior dos cenários, equivale a 99,99966% de perfeição, ou seja, a uma probabilidade de ocorrerem 3,4 defeitos em cada milhão de unidades produzidas ou de transacções realizadas. Neste capítulo será introduzido um vasto, mas completo, conjunto de métricas, utilizadas no âmbito de iniciativas relacionadas com o Seis Sigma, decorrentes do levantamento bibliográfico efectuado.

Serão primeiramente apresentadas métricas para o caso de se pretender estimar o desempenho de um processo relativamente a uma dada característica crítica para a qualidade (CTQC – *Critical to Quality Characteristic*), para depois se apresentarem métricas que permitem generalizar a estimativa desse desempenho quando estiverem em causa duas ou mais CTQCs. Serão ainda indicadas algumas das principais métricas, utilizadas num contexto de *Lean Six Sigma*, quando a medição do desempenho incidir na eficiência de processos.

Numa perspectiva de metodologia, o Seis Sigma é uma abordagem disciplinada, baseada em factos, que promove a melhoria dos resultados organizacionais através de uma abordagem projecto a projecto. Cada projecto Seis Sigma, conforme se verá, deve ter um âmbito e objectivos concretos e desenvolver-se ao longo de uma sequência bem definida de fases, inspirada no ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Analyse*), nas quais uma equipa de trabalho, tecnicamente liderada por um especialista denominado de *Black Belt*, executa um conjunto programado de actividades e toma várias decisões, conducentes à melhoria com base na recolha, tratamento, análise e interpretação de dados. Para tal, a equipa apoia-se na utilização de técnicas e ferramentas, seleccionadas de entre um conjunto mais amplo, apropriadas ao tipo de dados a trabalhar, ao fim pretendido e à natureza do projecto em si mesmo. Os desenvolvimentos mais recentes, que serão descritos no capítulo, distinguem claramente duas abordagens metodológicas principais:

- Projectos de melhoria contínua de processos, produtos e/ou serviços assentes no acrónimo DMAIC. Se o objectivo de um projecto também envolver aumentos nos níveis de eficiência, far-se-á uso dos princípios e das técnicas/ferramentas oriundas do *Lean Management*.
- Projectos de inovação, assentes numa abordagem de DFSS (*Design for Six Sigma*), quando for necessário conceber e desenvolver novos processos, produtos e/ou serviços, ou melhorar substancialmente os existentes através da sua reconcepção. A literatura disponibiliza diversos mapas metodológicos para projectos de DFSS.

A descrição de ambas as abordagens metodológicas, juntamente com a indicação das técnicas e ferramentas, habitualmente usadas em cada uma delas, serão feitas atendendo a um conjunto representativo de referências bibliográficas relevantes e actuais. No que se refere à perspectiva metodológica, com base num levantamento dos trabalhos científicos publicados, será discutido, fase a fase, o processo que compreende a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, selecção dos mais promissores, planeamento, realização e encerramento dos projectos seleccionados e a reflexão final sobre os resultados alcançados. Finalmente, será descrita e discutida a estratégia de criação de valor ICRA *Innovation, Configuration, Realization, Attenuation*, que envolve e articula as duas metodologias do Seis Sigma, DMAIC e DFSS.

Enquanto sistema alargado de gestão, o Seis Sigma, para além de abranger as perspectivas de metodologia e de métrica, envolve também os seguintes aspectos:

- O papel da liderança máxima de uma organização no seio de um programa Seis Sigma
- A articulação entre o Seis Sigma e as actividades de gestão estratégica de uma organização.
- A estreita relação entre o Seis Sigma e o modelo de gestão dos processos de negócio (BPM – *Business Process Model*).

- A utilização de um sistema de medição do desempenho eficaz, que constitua um suporte à tomada de decisões baseada em factos em todas as fases dos projectos Seis Sigma
- Os factores críticos de sucesso para a implementação de um programa/sistema Seis Sigma numa organização.
- A integração e articulação do Seis Sigma com outros referenciais e modelos de gestão que podem ser adoptados pelas organizações.

2.2. Origens, evolução e tendências futuras do Seis Sigma

Segundo Harry e Schroeder (2000), a jornada que viria a culminar na criação da filosofia Seis Sigma teve início na *Motorola*, em 1979, numa reunião de executivos, em que Art Sundry, à época gestor de comunicação de vendas, proclamou “alto e em bom som” que o real problema da empresa residia na qualidade. A gestão de topo da *Motorola*, então liderada por Bob Galvin, compreendeu que a competitividade da companhia, frente sobretudo à concorrência japonesa, dependeria em grande medida da qualidade dos seus produtos (Pande *et al.*, 2000), pelo que, em 1980, foi definido o objectivo de os níveis de qualidade aumentarem 10 vezes por ano, ao longo dos cinco anos seguintes (Gupta, 2001).

Em 1981, enquanto a maior parte dos executivos da empresa procuravam formas de reduzir o desperdício e melhorar os processos, Bill Smith, o gestor da qualidade do sector de comunicações, trabalhava nos bastidores procurando compreender a correlação existente entre o tempo útil de vida dos produtos, desde o momento em que eram adquiridos pelo cliente, e a taxa de falhas internas ocorridas no processo de fabrico desses produtos (Harry, 1998).

Em 1985, Smith apresentou o relatório do estudo que tinha efectuado e que concluiu que se um produto fosse reparado durante a produção, devido à ocorrência de um determinado defeito, a probabilidade de outros defeitos, não detectados na produção, virem a manifestar-se, durante o seu período de vida, era elevada (Harry e Schroeder, 2000). Pelo contrário, concluiu também que quando um determinado artigo era produzido sem a ocorrência de erros, raramente ocorriam falhas durante a sua utilização. Nesse estudo, Smith sugeria que a *Motorola* deveria garantir uma margem de segurança de 50% relativamente a todas as especificações técnicas referentes às características críticas para a qualidade do produto, o que, estatisticamente falando, equivale a um Nível Sigma de capacidade igual a seis (Harry, 2004). Embora as conclusões e propostas constantes do estudo apresentado por Smith tenham sido recebidas com algum ceticismo (Harry e Schroeder, 2000), Bob Galvin e George Fisher, líderes máximos da companhia, acolheram bastantes bem as suas ideias (McCarty *et al.*, 2004).

A iniciativa de melhoria da *Motorola*, baptizada de “Seis Sigma”, foi oficialmente lançada em 1987 (Klefsjö, 2001), tendo os primeiros projectos, quatro ao todo e designados por “*Quick Wins for Six Sigma*”, sido executados em processos de produção e de desenvolvimento de produto (Gupta, 2001). Cada projecto era executado através de uma metodologia bem estruturada em torno de quatro fases, baseadas nas do ciclo PDCA (ou, como Deming preferia chamar-lhe, ciclo PDSA), denominada de MAIC (Harry, 1998). As áreas envolvidas na aplicação desta metodologia MAIC (*Measure, Analyse, Improve, Control*) foram o sector gráfico e a equipa de desenvolvimento de produto (Gupta, 2001).

A aplicação de projectos Seis Sigma permitiu uma significativa redução do número de defeitos, uma diminuição dos tempos de produção, bem como um decréscimo dos custos de não qualidade (Harry e Schroeder, 2000). Em 1992, a *Motorola* anunciou ter atingido um Nível Sigma global, para toda a companhia, que rondava um valor próximo de 5,4 (Gupta, 2001). Estima-se que os resultados financeiros alcançados pela *Motorola*, durante os primeiros seis anos do seu programa Seis Sigma, tenham superado os 4 biliões de dólares (Truscott, 2003) e, durante os primeiros dez anos, rondado os 14 biliões de dólares (Pande *et al.*, 2000).

Após a *Motorola* ter vencido, em 1988, o *Malcolm Baldrige National Quality Award* (prémio de Excelência dos Estados Unidos) em virtude do seu programa Seis Sigma, e num momento em que o conceito de gestão pela qualidade total (TQM) ganhava relevo, outras organizações industriais, sobretudo norte-americanas, decidiram iniciar os seus próprios programas Seis Sigma (Quinn, 2003). Entre elas, encontravam-se a *Texas Instruments*, *IBM*, *Digital Equipment*, *Xerox*, ou a *Unisys*.

Em 1990, a *Motorola* fundou o *Six Sigma Research Institute* (SSRI) com o objectivo de desenvolver estratégias de implementação do Seis Sigma assim como de técnicas e ferramentas estatísticas avançadas que potenciasssem os benefícios do programa. Nesse ano, o SSRI e companhias como a *IBM*, *Texas Instruments* e *Xerox* criaram o conceito de *Black Belt* (Barney, 2002). Contudo, segundo Harry e Schroeder (2000), o termo *Black Belt* terá sido usado, pela primeira vez, ainda no final da década de 1980, no âmbito da formação dos líderes técnicos dos projectos Seis Sigma da *Unisys*.

Até à primeira metade da década de 1990, a maioria das iniciativas relacionadas com o Seis Sigma consistiam em programas de melhoria da qualidade (Quinn, 2003) adoptados por algumas das grandes empresas do sector industrial norte-americano. Acompanhando a própria evolução da área da Qualidade, o Seis Sigma foi deixando de se centrar apenas na redução de defeitos e na melhoria dos processos organizacionais, passando progressivamente a ser também perspectivado como um sistema centrado no negócio e nas suas diversas dimensões (Harry e Crawford, 2005). Essa transformação aconteceu sobretudo a partir de 1994, através do programa "*Operational Excellence*" (Breyfogle III *et al.*, 2001), tendo marcado o início da chamada segunda geração do Seis Sigma (Montgomery, 2005).

No final de 1995, Jack Welch, CEO da *General Electric* (*GE*), anunciou aos colaboradores que o grupo iria desenvolver um programa Seis Sigma e que a consolidação deste seria a maior prioridade para os cinco anos seguintes (Snee e Hoerl, 2003). O lançamento desta iniciativa em larga escala constituiu um marco ímpar no desenvolvimento do conceito e, segundo Welch, no grupo *GE* (Quinn, 2005). De acordo com Harry (2004), mais do que ter tido a capacidade de utilizar a abordagem Seis Sigma em prol da qualidade do negócio, a *GE* usou-a como uma verdadeira ferramenta de liderança que viria a catapultá-la para a obtenção de resultados excepcionais, a partir de 1997 (Pande *et al.*, 2000).

Os primeiros projectos Seis Sigma desenvolvidos pela *GE* tiveram lugar em 1996 e incidiram nos processos de fabrico das empresas industriais do grupo. Os projectos foram executados através do ciclo MAIC, sugerido pela *Motorola* na década anterior (Folaron, 2003). Nesse mesmo ano, a *GE Capital*, empresa prestadora de serviços financeiros, adicionou uma fase prévia, a que chamou "*Define*", com o intuito de assegurar que os melhores projectos eram seleccionados e devidamente definidos e planeados (Snee e Hoerl, 2003). Estava criado o conhecido método DMAIC (*Define*,

Measure, Analyse, Improve, Control) que, desde então, tem sido o acrónimo mais utilizado na realização de projectos Seis Sigma de melhoria contínua.

Outras variantes do ciclo DMAIC foram sendo propostas, nomeadamente aquelas que consideram importante adicionar uma última fase para a transferência de conhecimento, lições aprendidas e melhores práticas para outras áreas da organização. É o caso do DMAICT (Bendell, 2006), em que a fase “T” significa “*Transfer*”, ou do DMAICR (Senapati, 2004), cuja fase “R” diz respeito a “*Reporting*”.

Em 1997, a GE observou que havia limites aos níveis de melhoria que poderiam ser atingidos para os processos existentes (Snee e Hoerl, 2003). De acordo com este princípio, existe portanto um limite potencial máximo de desempenho até ao qual um processo existente pode ser otimizado (Chowdhury, 2003), pelo que, nesses casos, é preferível desenhar de raiz um novo processo através de uma outra abordagem, a que chamou Projecto para Seis Sigma (DFSS – *Design for Six Sigma*).

A primeira aplicação de DFSS à concepção de um novo produto ocorreu justamente em 1997, quando a GE *Medical Systems* desenvolveu um novo equipamento de tomografia computadorizada, o *LightSpeed CT Scanner* (Creveling *et al.*, 2003). Tratando-se de um projecto de concepção e desenvolvimento, este não foi executado de acordo com o ciclo DMAIC, mas através de um método também constituído por cinco fases conhecido pelo acrónimo DMADV (*Define, Measure, Analyse, Design, Verify*) (Snee e Hoerl, 2003). Entre 1998 e 2000, a *GE Medical Systems* lançou 22 novos produtos utilizando a abordagem de DFSS (Smith *et al.*, 2002). A adopção do DFSS foi estendida a todas as empresas do grupo GE, conforme afirmou Jack Welch no relatório e contas de 1998: “*todos os novos produtos e serviços a desenvolver no futuro serão DFSS*” (Chowdhury, 2003).

Na opinião de autores como Bertsch e Williams (2001), Basu e Wright (2003), Goh *et al.* (2003) e Senapati (2004), entre a generalidade dos analistas financeiros, especialmente em *Wall Street*, a abordagem Seis Sigma era já reconhecida como uma iniciativa muito credível, sendo mesmo um factor de recomendação favorável à compra de acções de organizações que a adoptassem com êxito. Este facto, assim como os muito bons resultados apresentados por várias das empresas com programas Seis Sigma implementados, ajudam a explicar a crescente adesão de organizações, oriundos dos mais variados ramos de actividade, em diferentes partes do mundo, ao Seis Sigma.

O desenvolvimento de projectos Seis Sigma em todas as empresas do grupo GE demonstrou a universalidade de aplicação do programa aos mais diversos sectores de actividade (Caulcutt, 2001), incluindo as áreas transaccionais, como é o caso dos serviços. Consequentemente, e apesar de muitos líderes de organizações do sector terciário continuarem a perspectivar a aplicabilidade do Seis Sigma apenas às áreas industriais (Antony, 2006; Kumar *et al.* 2008), a partir do final da década de 1990 registou-se um número crescente de companhias de serviços a iniciar o desenvolvimento de programas Seis Sigma. Essa adesão tem desde então incidido, mas não se limitando, às áreas da saúde (Black e Revere, 2006), serviços financeiros (Antony, 2006), transportes e logística (Antony *et al.*, 2007) e sector público (Bendell, 2005). O primeiro artigo a descrever a aplicação de um projecto Seis Sigma à área dos serviços foi, de acordo com Chakrabarty e Tan (2007), publicado em 1999.

A primeira organização europeia a implementar um programa Seis Sigma terá sido a *Asea Brown Boveri* (ABB), em 1993 (Harry e Schroeder, 2000). Até ao final do século passado o Seis Sigma era

ainda uma abordagem pouco divulgada na Europa e na Ásia (Hoerl, 2004). Só mais recentemente, empresas como a *Alstom* em França, *Siemens* na Alemanha, *CNH* na Holanda, *Ericsson* na Suécia, *Siebe* no Reino Unido, *Canon* no Japão, entre outros exemplos (Gowen III e Tallon, 2005), desenvolveram os seus programas Seis Sigma.

A integração do Seis Sigma com outras abordagens e iniciativas da qualidade é outro dos fenómenos que tem ocorrido com cada vez com maior frequência (Antony *et al.*, 2006), mas que representa uma evolução natural e lógica (Hoerl, 2004), pois expande a aplicabilidade do Seis Sigma às diferentes perspectivas da gestão do negócio. Desde finais dos anos 90 que se regista um crescente interesse em articular o Seis Sigma com outras abordagens, em particular com o *Lean Management*, cuja primeira aplicação terá ocontecido em 1997 na *BAE Systems* (Alsmadi e Khan, 2010; Sheridan, 2000). A popularidade e aplicação dessa integração, conhecida por *Lean Six Sigma*, tem sido crescente, embora a literatura disponível e os casos de estudo publicados indiquem que o consenso acerca de um modelo integrador esteja longe de acontecer (Pepper e Spedding, 2010).

Em 2004, Praveen Gupta propôs uma abordagem denominada *Six Sigma Business Scorecard*, para articular o Seis Sigma com o *Balanced Scorecard*. Este é um modelo que permite ao Seis Sigma posicionar-se também como uma ferramenta de auto-avaliação do desempenho, à semelhança dos modelos de excelência (Ricondo e Viles, 2005). O *Six Sigma Business Scorecard* combina um conjunto de indicadores-chave de desempenho em torno de sete categorias, que representam o espectro completo de todas as perspectivas do negócio, permitindo que sejam identificadas áreas de oportunidades para a criação de valor e ainda que seja calculado o Índice de Desempenho do Negócio (BPI_n – *Business Performance Index*), medido em termos de Nível Sigma.

Para Smith *et al.* (2002), o Seis Sigma começou como uma iniciativa de melhoria da qualidade, tendo progredido no sentido de se tornar não só um sistema de apoio à gestão do negócio mas, sobretudo uma abordagem orientada para a sustentabilidade do negócio e maximização do valor criado. Harry e Crawford (2005) dividem a evolução do Seis Sigma em torno das três gerações indicadas no quadro 2.1. O *Six Sigma Business Scorecard*, por exemplo, insere-se na filosofia inerente à terceira geração.

Quadro 2.1 - As três gerações do Seis Sigma (adaptado de: Harry e Linsenmann, 2006).

	Geração 1	Geração 2	Geração 3
Período	1987 – 1994	1994 – 2002	2002 – Presente
Origem	<i>Motorola</i>	<i>Allied Signal</i> (1994) e <i>General Electric</i> (1995)	<i>DuPont</i>
Enfoque	Minimização do número de defeitos do produto e da variabilidade dos processos.	Redução de custos, aumento da eficiência e da produtividade.	Criação de valor, sustentabilidade do negócio e oportunidades para inovar.
Conceito	Iniciativa de melhoria da qualidade.	Sistema de gestão dos processos organizacionais.	Sistema de gestão de todas as perspectivas do negócio.
Abrangência	Sectores industriais. Optimização de processos existentes.	Sectores da indústria e dos serviços. Consideração de todo o ciclo de vida de produtos, serviços e processos, incluindo as fases de concepção e de desenvolvimento.	Qualquer sector de actividade. Todas as vertentes e perspectivas do negócio. Enfoque reforçado nas actividades de gestão estratégica.

O DFSS assume uma especial importância no contexto da mais recente geração do Seis Sigma (Montgomery, 2005), uma vez que a criação de valor é fomentada através da inovação de novos produtos, serviços e processos. À terceira geração do Seis Sigma, encontra-se associada a estratégia de criação de valor que se desenrola ao longo de um processo, constituído por quatro fases, denominado por ICRA (Harry e Linsenmann, 2006) e que encontra representado na figura 2.14.

O aumento da popularidade do Seis Sigma reflectiu-se também no crescente número de publicações em revistas científicas. Aboelmaged (2010) estudou o número de artigos publicados em revistas científicas cujo título contivesse os termos “Six Sigma”, “DMAIC” ou “DFSS”. A figura 2.1 ilustra os resultados obtidos, onde se constata que até 1999 o número de artigos científicos sobre o tema era muito pouco expressivo, mas entre 2000 e 2006 houve um aumento significativo nesses números, o que também ficou a dever-se ao aumento de revistas científicas na área. Um outro autor, Goh (2002), conclui que o número de livros sobre esta temática aumentou rapidamente a partir de 1999.

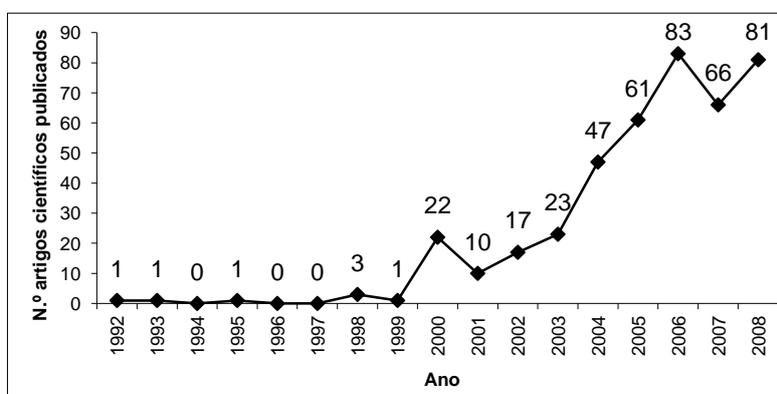


Figura 2.1 – Evolução do número de artigos científicos cujo título contém os termos “Six Sigma”, “DMAIC”, ou “DFSS” (fonte: Aboelmaged, 2010).

Apesar do interesse que sempre teve e continua a suscitar, o Seis Sigma tem também sido alvo de algum cepticismo e recebido algumas críticas. Parte da comunidade científica discorda profundamente de alguns dos fundamentos estatísticos que revestem o conceito (Tadikamalla, 1994; Mitra, 2004; Maleyeff e Krayenvenger, 2004), nomeadamente em relação ao pressuposto do desvio até $\pm 1,5\sigma$ em torno da média do processo quando os dados corresponderem ao longo prazo. Por outro lado, muitos consideram que não há, na verdade, nada de fundamentalmente novo no Seis Sigma (Bendell, 2005). De facto, uma parte das comunidades empresarial e científica considera que o Seis Sigma não é mais do que a recauchutagem de conceitos e teorias conhecidos (Clifford, 2001; Senapati, 2004). O próprio Juran teve oportunidade de exprimir o seu cepticismo em relação ao Seis Sigma, considerando que a abordagem é apenas “um novo nome para a velha qualidade” (Donaldson, 2004).

A evolução do Seis Sigma tem sido feita em paralelo com a próprio desenvolvimento da disciplina da Qualidade (Smith, 2001). O apêndice I da tese descreve detalhadamente a evolução da Qualidade (e suas tendências futuras), e a relação desta com a que se tem verificado na temática do Seis Sigma. A semelhança evolutiva entre o Seis Sigma e a área da Qualidade é patente nos seguintes aspectos:

- Campo de actuação mais ambicioso, abrangendo cada vez mais todos os factores críticos para o negócio. O Seis Sigma, que começou como uma iniciativa de melhoria da qualidade,

centrada na redução da variabilidade dos processos e na diminuição de defeituos, também evoluiu para um sistema de gestão abrangendo as múltiplas vertentes e perspectivas críticas do negócio. O objectivo último é a criação sustentável de valor para a organização, seus clientes e outras partes interessadas relevantes, o que tem vindo a colocar o Seis Sigma cada vez mais próximo de uma perspectiva de excelência.

- Transversalidade a outras áreas do conhecimento, não apenas à qualidade. Passando a actuar em todas as vertentes do negócio e em todas as fases do ciclo de vida dos produtos, serviços e processos, o Seis Sigma conectará inevitavelmente com outros domínios, tais como o *marketing*, inovação, gestão estratégica, gestão de recursos humanos, entre outros.
- Integração com outros modelos de gestão. Para além da popular integração com a filosofia *Lean Management*, o Seis Sigma tem vindo a ser articulado, embora em menor escala, com outras abordagens, tais como o *Balanced Scorecard*, sistemas de gestão da qualidade assentes no referencial ISO 9001, entre outros.
- Crescente adesão das organizações, pertencentes ao sector dos serviços, ao Seis Sigma.
- Aumento da relevância da abordagem de DFSS, à semelhança da cada vez maior importância assumida pelas actividades de planeamento da qualidade.

Para Antony *et al.* (2006), algumas das tendências emergentes do Seis Sigma são as seguintes:

- Crescente adopção por parte das pequenas e médias empresas.
- Expansão do Seis Sigma para outros países e regiões economicamente emergentes, nomeadamente a China, Índia e o Brasil.
- Adição de novas e úteis técnicas e ferramentas ao conjunto actualmente existente e utilizado em projectos, tanto de Seis Sigma DMAIC como de DFSS.
- Aumento da necessidade, por parte das organizações, em integrar a abordagem Seis Sigma com outros referenciais e modelos de gestão.

Na opinião de Kwak e Anbari (2006), para tirar o máximo partido dos benefícios decorrentes de um sistema/programa Seis Sigma é necessário integrá-lo com outras iniciativas da qualidade e referenciais de gestão. De acordo com Hoerl (2004), haverá também uma natural convergência para a uniformização das práticas de DFSS e uma forte adesão aos programas Seis Sigma, sobretudo por parte das instituições financeiras e de saúde. Schroeder *et al.* (2008), por sua vez, são da opinião de que o excessivo enfoque nos resultados financeiros de curto prazo pode comprometer o desenvolvimento de projectos de DFSS, fulcrais para a sustentabilidade da organização, mas cujos resultados muitas vezes só são percebidos num horizonte temporal mais alargado; assim, os autores sugerem que uma linha futura de investigação passe por estudar formas de medir o retorno dos projectos de DFSS.

2.3. Definições, fundamentos e princípios do Seis Sigma

A literatura fornece uma vastidão de definições para o Seis Sigma, sugerindo que o conceito pode ser descrito segundo diferentes perspectivas (Schroeder *et al.*, 2008). No quadro 2.2 apresentam-se definições que constam de algumas das publicações mais relevantes sobre a temática.

Quadro 2.2 – Definições para o conceito de “Seis Sigma” fornecidas por literatura relevante.

Referência	Definição de “Seis Sigma”
Harry e Schroeder (2000)	<i>“Processo centrado no negócio que permite às organizações melhorar drasticamente os seus resultados financeiros através do adequado planeamento, execução e monitorização das actividades diárias do negócio, de modo a aumentar a satisfação dos clientes e, simultaneamente, minimizar os desperdícios gerados e os recursos necessários”.</i>
Pande et al. (2000)	<i>“Sistema completo e flexível que visa alcançar, sustentar e maximizar o sucesso empresarial. O Seis Sigma é singularmente dirigido para o entendimento pormenorizado das necessidades dos clientes, para a utilização disciplinada de factos e de dados através do recurso à análise estatística, bem como para a diligente atenção atribuída à gestão, melhoria e reinvenção dos processos do negócio”.</i>
Pyzdek (2003a)	<i>“O Seis Sigma consiste na implementação rigorosa, objectiva e altamente eficaz de um conjunto relevante de princípios e técnicas da qualidade. Incorporando elementos que têm origem no trabalho desenvolvido por muitos dos pioneiros na área da qualidade, o Seis Sigma tem o objectivo de assegurar que o desempenho do negócio se encontra praticamente livre de erros. Sigma, σ, é uma letra do alfabeto grego utilizada pelos estatísticos para medir a variabilidade de um processo. O desempenho de uma empresa é medido pelo Nível Sigma dos seus processos de negócio”.</i>
Truscott (2003)	<i>“O Seis Sigma visa estabelecer padrões de referência de classe mundial para os níveis de desempenho empresarial, fornecendo uma estrutura organizacional e um roteiro que permitam que esses objectivos sejam alcançados. Tal é conseguido principalmente através de uma abordagem projecto a projecto assente no trabalho em equipa, recorrendo a pessoas treinadas e formadas na metodologia de melhoria de desempenho, no seio de uma cultura empresarial receptiva e de uma infraestrutura que a perpetue. Apesar de ser particularmente relevante no objectivo de maximizar o valor dos produtos e serviços, tendo em consideração a perspectiva dos clientes, o Seis Sigma é também aplicável na melhoria da eficiência e da eficácia de todos os processos, tarefas e operações que ocorrem em qualquer organização”.</i>
Snee e Hoerl (2005)	<i>“O Seis Sigma é uma abordagem estratégica que é aplicável em todos os processos, produtos e sectores de actividade. É uma abordagem que se focaliza na melhoria do desempenho dos processos com o intuito de melhorar a satisfação dos clientes e os resultados do negócio”.</i>
Schroeder et al. (2008)	<i>“O Seis Sigma é uma estrutura meso-paralela e organizada que visa reduzir a variabilidade nos processos organizacionais através da utilização de uma estrutura humana especializada no desenvolvimento de acções de melhoria, de métodos estruturados e de métricas de avaliação do desempenho, com o objectivo último de assegurar que os objectivos estratégicos sejam atingidos”.</i>

Apesar das aparentes diferenças entre elas e analisando outra literatura (George, 2002; Breyfogle III, 2003; Linderman et al., 2003; Black e Revere, 2006; Shahabuddin, 2008), é possível identificar os seguintes aspectos que normalmente aparecem associados à definição de “Seis Sigma”:

- Orientado para os resultados e a excelência do negócio.
- Centrado na satisfação total das necessidades, mesmo as latentes, dos clientes e de outras partes interessadas relevantes.

- Assenta numa estrutura humana organizada e treinada, que envolve todas as funções e níveis da organização, a começar pela liderança.
- As iniciativas de melhoria e/ou de inovação de processos, produtos e/ou serviços são realizadas projecto a projecto.
- Os projectos Seis Sigma são orientados para os resultados e para a concretização de objectivos.
- Cada projecto Seis Sigma é realizado através de um processo estruturado e sistemático.
- Ao longo de um projecto Seis Sigma, todas as análises efectuadas, conclusões retiradas e decisões tomadas assentam em informações e dados factuais.
- A recolha, análise e interpretação de dados e informação apoiam-se na utilização criteriosa de um leque completo e poderoso de técnicas e ferramentas.
- A nível operacional, o objectivo de um projecto Seis Sigma é o de:
 - i. Minimizar a variabilidade dos processos-chave e, conseqüentemente.
 - ii. Minimizar o número de defeitos produzidos ou gerados.
- Enfoque na utilização de métricas que permitam avaliar de forma clara e não ambígua o desempenho operacional de qualquer tipo de processo.

Segundo Kwak e Anbari (2006), a melhor forma de compreender o conceito e os fundamentos que norteiam o Seis Sigma, consiste em enquadrá-lo em torno de duas perspectivas:

- 1) *Perspectiva estatística* – Deste ponto de vista, o termo “Seis Sigma” significa que, para uma dada característica crítica para a qualidade (CTQC) associada à saída/output de um processo, o incumprimento das especificações, ou definição operacional, para essa característica não ocorrerá mais do que 3,4 vezes em cada milhão de oportunidades. Isto implica que o processo é consistente, apresentando uma variabilidade muito pequena; daí que seja produzido um número ínfimo de defeitos.
- 2) *Perspectiva do negócio* – O Seis Sigma constitui uma estratégia que visa, através da adopção de um conjunto de princípios e melhores práticas, melhorar a eficácia e a eficiência em todas as áreas do negócio, procurando gerar valor para os clientes e para outras partes interessadas.

McCarty *et al.* (2004) e Bremer *et al.* (2006), por outro lado, preferem enquadrar o Seis Sigma explicitamente em torno de três perspectivas (figura 2.2):

- 1) *Seis Sigma enquanto métrica* – A este nível, encontram-se as métricas que permitem avaliar os níveis de desempenho de um dado processo, assim como apurar os resultados decorrentes de acções de melhoria. É uma forma de medir a qualidade. Estão normalmente associadas à medição da capacidade dos processos, esteja a trabalhar-se com variáveis contínuas e/ou discretas. Métricas como o Nível Sigma (Z), o número de defeitos por milhão de oportunidades (*DPMO – Defects per Million of Opportunities*), o rendimento global do processo (*RTY – Rolled Throughput Yield*), entre outras, são disso exemplo.
- 2) *Seis Sigma enquanto metodologia* – Refere-se à forma estruturada e sistemática como os projectos Seis Sigma são seleccionados, planeados e executados, bem como às técnicas e

ferramentas utilizadas. O método DMAIC, constituído por cinco fases, serve normalmente de referência aos projectos de melhoria contínua. Para projectos de DFSS, não existe ainda um método ou mapa consensual, mas os mais utilizados são o DMADV, contendo cinco fases, e o IDOV (ou ICOV), constituído por quatro fases. Em qualquer dos casos, entre cada transição de fases existe uma revisão formal de projecto, habitualmente designada de “*tollgate*”.

- 3) *Seis Sigma enquanto sistema de gestão* – Engloba as outras duas perspectivas. Aos níveis mais elevados da organização, o Seis Sigma desempenha um papel importante na forma como pode auxiliar na concretização dos objectivos estratégicos delineados, nomeadamente na forma como os projectos seleccionados concorrem nesse sentido. É nesta perspectiva que os líderes assumem um papel preponderante no modo como demonstram o seu comprometimento em relação à iniciativa Seis Sigma e como, ao definir e comunicar um rumo, constroem uma cultura propícia à sistematização da realização de projectos de melhoria e/ou inovação, recorrendo à abordagem Seis Sigma. A estrutura humana do Seis Sigma encontra-se também inserida nesta perspectiva.

Harry e Schroeder (2000), Snee e Hoerl (2005) e Brue e Howes (2006) têm uma visão semelhante à de McCarty *et al.* (2004), divergindo apenas na terminologia usada. Os primeiros dividem a descrição do Seis Sigma em: (1) nível do processo; (2) nível das operações; (3) nível do negócio. Os segundos em: (1) nível operacional; (2) nível tático; (3) nível estratégico. Os terceiros efectuem o enquadramento do seguinte modo: (1) nível de qualidade; (2) metodologia; (3) filosofia de gestão.

Nesta tese, o Seis Sigma é também organizado com base em três perspectivas, sendo adoptadas as seguintes designações:

- 1) Seis Sigma como métrica.
- 2) Seis Sigma como metodologia.
- 3) Seis Sigma como sistema de gestão.



Figura 2.2 – As três perspectivas do Seis Sigma (fonte: McCarty *et al.*, 2004).

2.4. Seis Sigma como métrica

2.4.1. Tipos de variáveis envolvidas num processo

O nome “Seis Sigma” deriva da terminologia estatística, em que a letra grega “ σ ” (sigma) significa desvio-padrão de uma população, que expressa a variabilidade de um conjunto de valores em torno de um ponto médio.

A norma ISO 9000:2005 define “processo” como “*um conjunto de actividades interrelacionadas e interactuantes, que transformam entradas em saídas*”. Ainda de acordo com este referencial, ao resultado de um processo chama-se “produto”, o qual pode ser enquadrado em torno de quatro categorias genéricas: *hardware*, *software*, serviço e/ou material processado (figura 2.3). Um processo pode ser uma sequência de actividades de fabrico, um procedimento para a realização de um serviço, ou até o funcionamento de um produto (Yang e El-Haik, 2003).

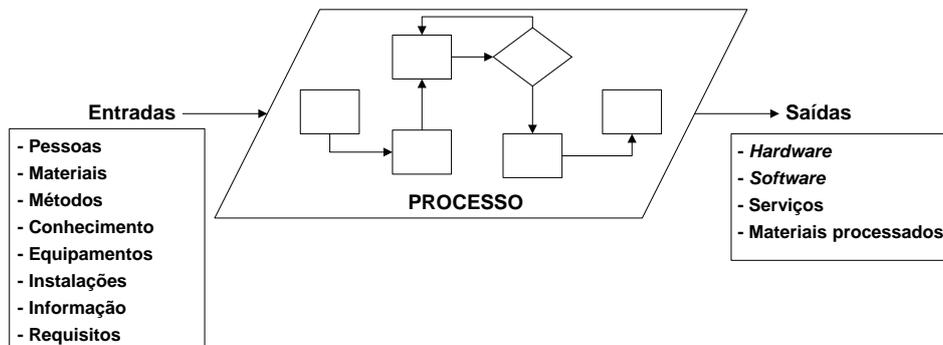


Figura 2.3 – Modelo genérico de processo.

Às saídas de um processo encontra-se associado um conjunto de características, mensuráveis ou observáveis, que são críticas à satisfação dos clientes desse processo e de outras partes interessadas no mesmo. São frequentemente denominadas de “variáveis-chave de saída do processo” (KPOV – *Key process output variables*), ou “características críticas para a qualidade” (CTQC – *Critical to quality characteristics*), utilizando-se frequentemente a notação Y para as representar.

Segundo Sleeper (2006), para uma característica de saída ser considerada crítica à qualidade deverá possuir, de forma simultânea, as seguintes propriedades:

- Ser efectivamente uma característica.
- Variar de unidade para unidade.
- A minimização da sua variação ser crítica na óptica do cliente e, portanto, para o sucesso do negócio.
- Ser mensurável através de uma variável contínua ou discreta.

Cada CTQC deverá ter associada uma definição operacional, a qual, por definição, significa um padrão de aceitação/rejeição claro, não ambíguo e mensurável ou observável (McCarty *et al.*, 2004). O estabelecimento de limites de especificação é uma das formas de definir operacionalmente uma CTQC, nos casos em que essa característica for medida através de uma variável contínua. Para variáveis qualitativas ou discretas, a definição operacional deverá descrever, específica e inequivocamente, quais os atributos que a característica crítica deve cumprir.

As “variáveis-chave de entrada do processo” (KPIV – *Key process input variables*) são factores controláveis que, quando o seu nível ou valor é alterado, isso vai provocar um efeito em pelo menos uma das variáveis-chave de saída (Allen, 2006). Estas variáveis são normalmente simbolizadas por X . Existe outra categoria de variáveis de entrada, chamadas “factores de ruído”, mas que, ao contrário das anteriores, são difíceis de controlar. A letra N (*noise*) é usada para denotar este tipo de

factores. Aos parâmetros de entrada, que contribuem para desencadear o processo, é atribuído o nome de “factores de sinal”, sendo utilizada a letra S para os simbolizar.

A figura 2.4 representa o Diagrama-P, ou diagrama de parâmetros (Fowlkes e Creveling, 1995), de um processo-chave genérico com n variáveis-chave de saída, representadas por Y_j ($j = 1, \dots, n$), m variáveis-chave de entrada, simbolizadas por X_i ($i = 1, \dots, m$), p factores de ruído, denotados por N_k ($k = 1, \dots, p$), e q factores de sinal, representados por S_l ($l = 1, \dots, q$).

Assim, uma dada característica crítica para a qualidade, Y_i , é habitualmente função de um conjunto de g factores controláveis significativos e de h factores de ruído relevantes (Yang e El-Haik, 2003):

$$Y_i = f(X_1, \dots, X_g, N_1, \dots, N_h) \quad , \quad g \leq m, \quad h \leq n, \quad i = 1, \dots, n \quad (2.1)$$

A redução da variabilidade, registada na característica de saída Y_i , depende do modo como a variabilidade consegue ser minimizada a nível dos factores controláveis significativos, isto é, a montante. Por outro lado, a variabilidade verificada na característica de saída será tanto menor quanto mais imune, ou robusto, o processo for relativamente aos factores não controláveis de variabilidade ou de ruído (Breyfogle III, 2003).

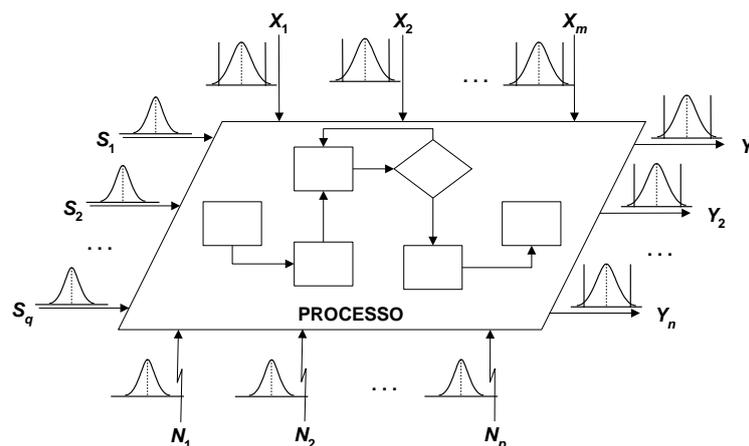


Figura 2.4 – Diagrama-P genérico de um processo e factores de variabilidade inerentes.

Variabilidade é sinónimo de incerteza, risco e ocorrência de potenciais defeitos (Jugulum e Samuel, 2008). É um indicador sobre o grau de inconsistência registada no desempenho de um processo (Pande *et al.*, 2000). A minimização da variabilidade de um processo, relativamente a todas as características críticas para a qualidade, é um objectivo fundamental do Seis Sigma, pois tal conduz ao aumento da capacidade do processo, que pode ser medido em termos de uma métrica chamada “Nível Sigma”, simbolizada por Z .

2.4.2. Nível Sigma e principais considerações estatísticas sobre o Seis Sigma

Considere-se uma determinada variável contínua que representa uma característica crítica para a qualidade (CTQC) de um processo e cujos dados podem ser modelados através de uma Distribuição Normal. Assuma-se que a especificação estabelecida para essa característica é bilateral, pelo que

haverá um limite inferior de especificação (LIE) e um limite superior de especificação (LSE). Considere-se ainda que a média do processo, μ , coincide com o valor nominal da especificação, T . Um defeito ocorrerá sempre que for produzido um valor da CTQC que não esteja contido no intervalo correspondente à amplitude entre o LSE e o LIE.

Quando a distância entre a média do processo e cada um dos limites de especificação for igual a três vezes o valor do desvio-padrão do processo (ver figura 2.5, situação a)), a probabilidade de um valor da CTQC se encontrar dentro da especificação é igual a 99,73%, o que equivale a existirem 2700 ($0,0027 \times 10^6$) defeitos por cada milhão de vezes que a característica é avaliada. Nesta situação, tem-se um Nível Sigma igual a 3, simbolicamente representado por $Z = 3$, pelo facto de “Z” medir o número de desvios-padrão nesse intervalo quando se utiliza uma Distribuição Normal reduzida.

Se a distância referida passar para o dobro (ver figura 2.5, situação b)), para seis desvios-padrão, o número expectável de defeitos, por cada milhão de vezes que a característica é avaliada, será aproximadamente igual a 0,002, o que é a materialização probabilística do conceito dos “zero defeitos” postulado por Crosby. Neste segundo caso, o processo apresenta uma maior capacidade, sendo o Nível Sigma igual a 6 ($Z = 6$).

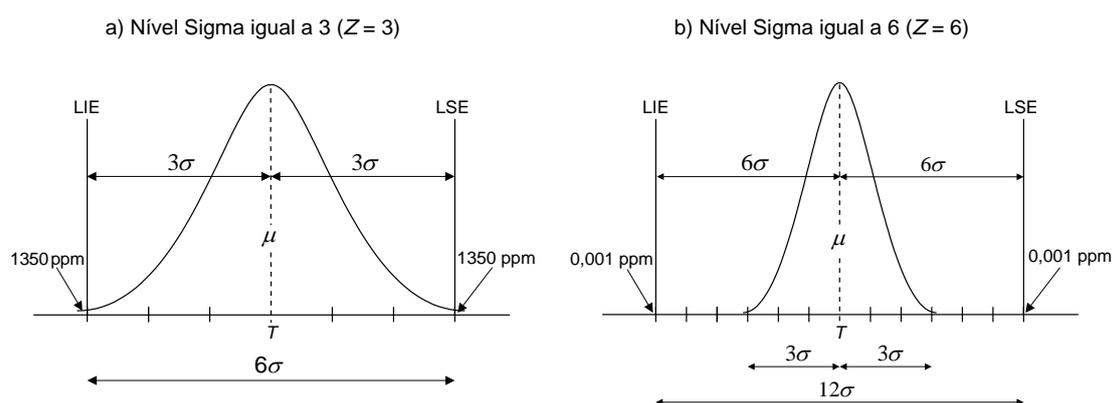


Figura 2.5 – Representação gráfica do Nível Sigma no curto prazo.

No quadro 2.3, pode ver-se como o número de defeitos (em partes por milhão) evolui à medida que a variabilidade de um processo que esteja centrado diminui, isto é, à medida que a distância entre a média do processo e os limites de especificação aumenta. Nem todos os processos necessitam operar a um nível Seis Sigma de capacidade (Kumar *et al.*, 2007a), sendo que o objectivo a estipular para o Nível Sigma deverá depender da importância estratégica do processo e do custo de melhoria relativamente ao benefício expectável (Linderman *et al.*, 2003).

Assim, quando o processo estiver centrado, portanto quando μ e T coincidirem, a expressão para calcular o Nível Sigma é dada por:

$$Z = \frac{LSE - LIE}{2\sigma} \quad (2.2)$$

A expressão anterior é similar ao cálculo do índice de capacidade potencial do processo C_p , que corresponde à equação 2.3. Para um Nível Sigma igual a 6, o C_p assume o valor 2.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (2.3)$$

Quadro 2.3 – Correspondência entre o número de *DPMO* e o Nível Sigma, com e sem o desvio de $\pm 1,5\sigma$ no valor da média do processo (adaptado de: Breyfogle III, 2003).

Nível Sigma (Z)	Número de <i>DPMO</i> (ppm)		Rendimento (%) - taxa de não defeituosos -	
	Expectável para processo centrado	Expectável para desvio de $\pm 1,5\sigma$	Expectável para processo centrado	Expectável para desvio de $\pm 1,5\sigma$
1	317.300	697.700	68,67	33,23
2	45.500	308.700	95,45	69,13
3	2700	66.810	99,73	93,32
4	63	6210	99,9937	99,3790
5	0,57	233	99,999943	99,97670
6	0,002	3,4	99,9999998	99,999660

Contudo, por definição, um nível de qualidade Seis Sigma ocorre quando o número expectável de defeitos produzidos, por cada milhão de oportunidades, não excede os 3,4 (Harry e Schroeder, 2000). De acordo com Bothe (2002), a diferença entre 3,4 ppm e o valor referido anteriormente de 0,002 ppm é explicada pela natureza dinâmica da maior parte dos processos conduz a que, ao longo do tempo, ocorram pequenas perturbações no processo (mudanças de matéria-prima, ajuste de máquinas, desgaste de peças, entre outras) que causam ligeiras flutuações nos valores da média do processo, frequentemente imperceptíveis através das cartas de controlo desenvolvidas por Shewhart, que penalizam a capacidade do processo no longo prazo (figura 2.6).

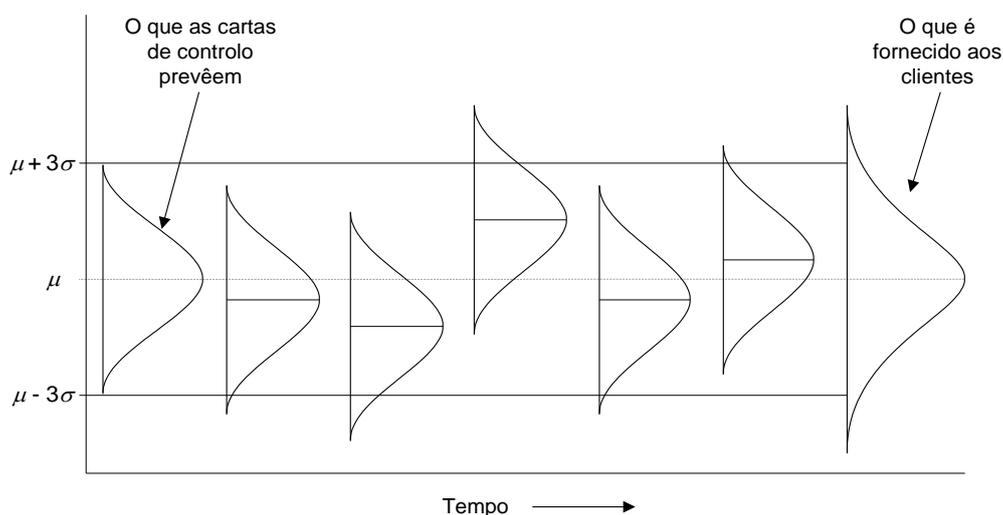


Figura 2.6 – Nível Sigma de capacidade em termos gráficos (adaptado de: Bothe, 2002).

Quando desenvolveu o conceito, e tendo por base a sua experiência, a *Motorola* concluiu que geralmente, em horizontes temporais mais alargados, o valor médio das características dos seus processos apresentava um desvio até $1,5\sigma$ relativamente à média que fora estimada quando os processos se encontravam sob controlo estatístico, isto é, no curto prazo (McCarty *et al.*, 2004).

Com base nesta assunção, a média do processo (μ) poderá, no longo, prazo sofrer um desvio até $\pm 1,5\sigma$ relativamente ao valor nominal (T). Nesse caso, um processo que apresente no curto prazo um Nível Sigma igual a 6 (ver figura 2.5, situação b)), poderá, no longo prazo, ver a sua capacidade reduzida para um Nível Sigma equivalente a 4,5 (Harry, 1998), conforme se representa na figura 2.7. Ter-se-á portanto, nesta situação, um valor de $Z = 4,5$, correspondente à menor distância entre o valor médio do processo (μ) e um dos limites de especificação.

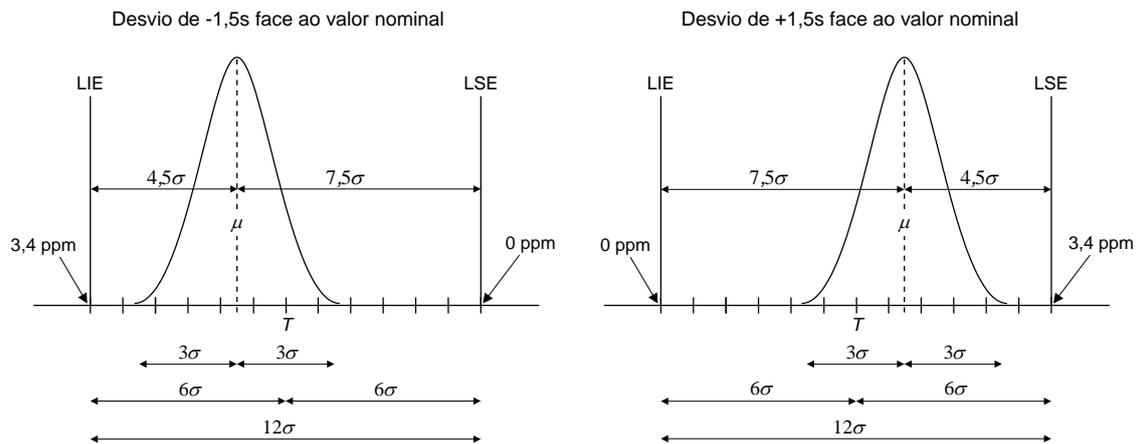


Figura 2.7 – Representação do Nível Sigma igual a 6, no longo prazo, assumindo um desvio de $\pm 1,5\sigma$ na média do processo face ao valor nominal (adaptado de: Harry, 1998).

Convenciona-se assim a seguinte relação entre o Nível Sigma de curto prazo (Z_{CP}) e o de longo prazo (Z_{LP}):

$$Z_{CP} = Z_{LP} + 1,5 \quad (2.4)$$

Novamente, note-se que o desvio no valor da média do processo é até 1,5 desvios-padrão, pelo que o valor desse desvio poderá ter uma magnitude inferior a esse valor (Ravichandram, 2006).

O quadro 2.3 apresenta também a relação entre o Nível Sigma (Z) que, por convenção, se refere à capacidade potencial do processo quando este está centrado, isto é, no curto prazo, com o respectivo número de defeitos por milhão de oportunidades ($DPMO$) expectáveis se ocorrer uma alteração de $\pm 1,5\sigma$, no longo prazo, no valor da média do processo. Segundo Schmidt e Launsby (1997, citado em Breyfogle III, 2003), essa relação pode ser modelada através da seguinte expressão:

$$Z_{CP} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \times \ln(DPMO_{LP})} \quad (2.5)$$

Um amplo conjunto de referências, tais como Pyzdek (2003a), Breyfogle III (2003), Gitlow *et al.* (2006), Brue e Howes (2006), Kubiak e Benbow (2009), entre outras, apresenta tabela(s) com a correspondência entre o Nível Sigma e o número de $DPMO$. Normalmente, os valores do Nível Sigma indicados nessas tabelas referem-se ao curto prazo e os do número de $DPMO$ ao longo prazo.

Para um processo com um Nível Sigma de capacidade igual a 6, em que ocorra um desvio de $+1,5\sigma$ na média do processo (ver figura 2.7), o índice de capacidade C_{pk} que é dado por

$$C_{pk} = \min \left[\frac{LSE - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \right] \quad (2.6)$$

terá um valor igual a 1,5, conforme pode ser demonstrado:

$$C_{pk} = \min \left[\frac{4,5\sigma}{3\sigma}, \frac{7,5\sigma}{3\sigma} \right] = 1,5$$

Se o desvio na média do processo for de $-1,5\sigma$, o valor de C_{pk} obtido será o mesmo.

Muitos autores têm posto em causa a assunção de, no longo prazo, a média dos processos poder sofrer uma alteração até $\pm 1,5\sigma$. Por exemplo, Goh (2002), Mitra (2004) e Antony (2008) referem que não existe uma base teórica sólida para sustentar tal pressuposto, enquanto que Tadikamalla (1994) e Maleyeff e Krayenvenger (2004) questionam se esse desvio se aplicará a outros tipos de processos para além dos da *Motorola*.

Bothe (2002) estudou o efeito que diversas dimensões amostrais provocam na sensibilidade das cartas de controlo de médias e amplitudes em detectar alterações na média da CTQC de interesse. Verificou que, para uma dimensão amostral de 4 ($n = 4$), existe uma probabilidade de 50% de um desvio de $\pm 1,5\sigma$ no valor da média não ser detectado. Este terá sido um dos fundamentos teóricos que Bill Smith teve em conta quando propôs o conceito estatístico do Seis Sigma (Gupta, 2001).

Muita confusão e divergências de opinião existem também em relação à diferença entre variação de curto prazo e de longo prazo (Breyfogle III, 2003) de um processo. O valor do Nível Sigma depende da estimativa do parâmetro de dispersão do processo, o desvio-padrão. O Nível Sigma será de curto ou de longo prazo, consoante o desvio-padrão seja estimado com base em dados do curto ou do longo prazo (Mitra, 2004). De acordo com Pyzdek (2003a), o desvio-padrão de curto prazo é estimado a partir da variação existente dentro dos subgrupos amostrais retirados e analisados ao longo do tempo. Bothe (1997) explica que o desvio-padrão de longo prazo é estimado com base no conjunto de todos os dados recolhidos ao longo do tempo, conforme se representa na figura 2.8.

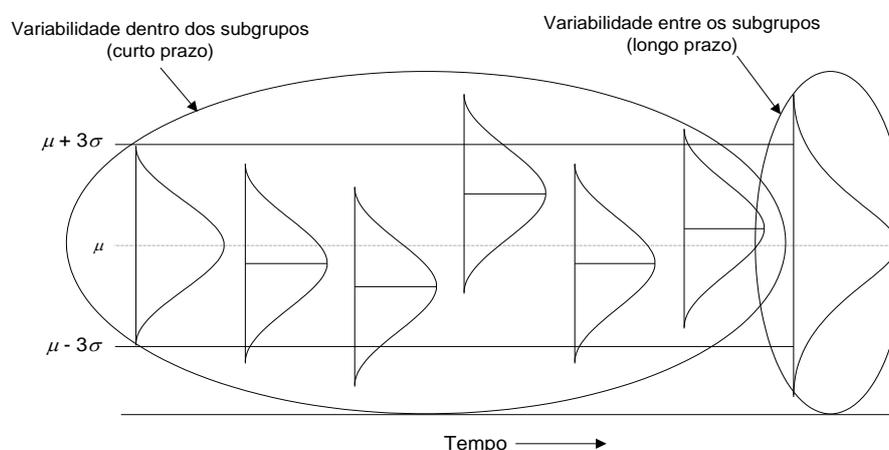


Figura 2.8 – Diferença entre variabilidade no curto e no longo prazos (adaptado de: Bothe, 1997).

Pyzdek (1998), Breyfogle III (2003) e Mitra (2004), sugerem várias expressões para estimar os desvios-padrão, tanto de curto como de longo prazo, o que nos possibilitou desenvolver a árvore de decisão da figura 2.9, a qual permite seleccionar a expressão mais adequada para estimar o desvio-padrão de um processo, relativamente a uma CTQC, face aos critérios aí mencionados.

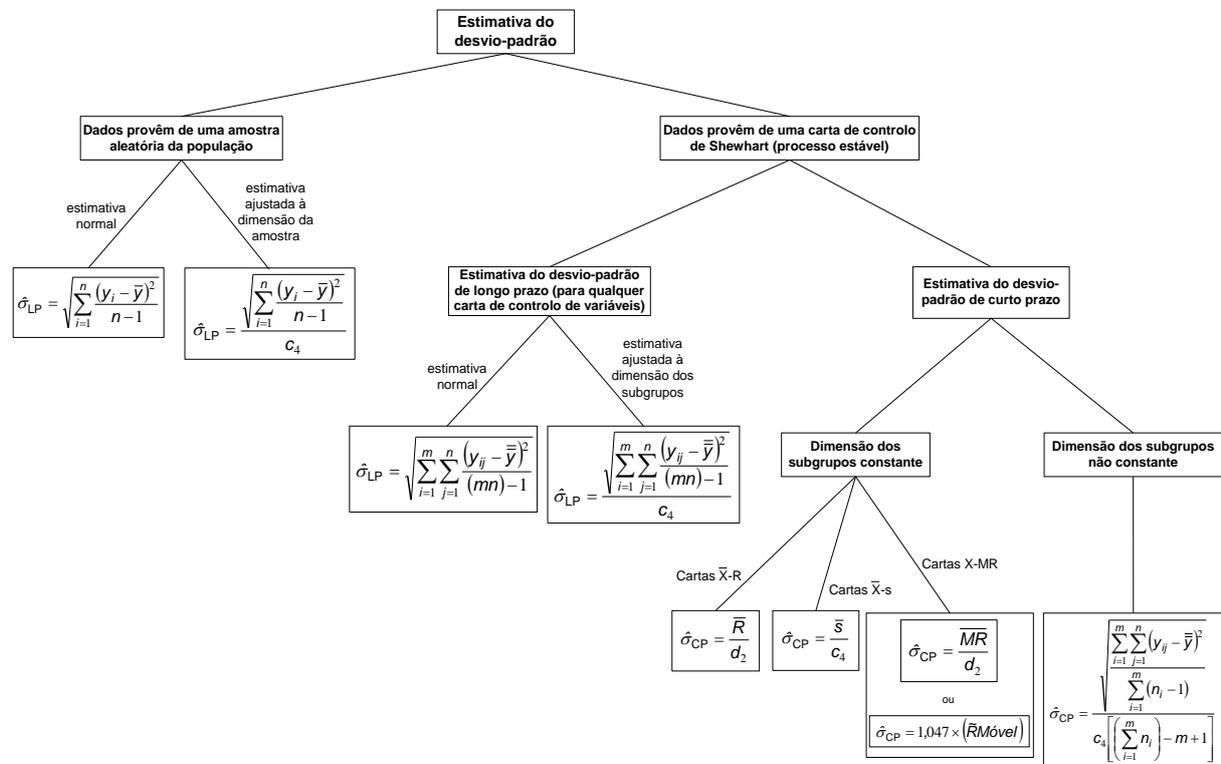


Figura 2.9 – Árvore de decisão para a estimativa do desvio padrão de curto e longo prazos (adaptado de: Pyzdek, 1998; Breyfogle III, 2003; Mitra, 2004).

A simbologia adoptada na árvore de decisão anterior é a seguinte:

$\hat{\sigma}_{LP}$ – Estimativa do desvio-padrão de longo prazo.

$\hat{\sigma}_{CP}$ – Estimativa do desvio-padrão de curto prazo.

n – Dimensão da amostra.

n_j – Dimensão da amostra para o subgrupo número “j”.

m – Número de subgrupos, ou de amostras aleatórias, recolhidos ao longo do tempo.

y_i – Valor da CTQC referente à observação “i” da amostra aleatória retirada da população.

y_{ij} – Valor da CTQC referente à observação “i” referente ao subgrupo número “j”.

\bar{y} – Média dos valores da CTQC observados na amostra aleatória retirada da população.

$\bar{\bar{y}}$ – Média global de todos os valores da CTQC observados em todos os subgrupos.

\bar{R} – Média das amplitudes de amostras.

\bar{s} – Média dos desvios-padrão de amostras.

\overline{MR} – Média das amplitudes móveis.

$\tilde{R}M\acute{o}vel$ – Mediana das amplitudes móveis.

d_2 – Constante dependente unicamente da dimensão da amostra.

c_4 – Constante dependente unicamente da dimensão da amostra.

Ignore-se agora a assunção do desvio até $\pm 1,5\sigma$ na média do processo. A partir da estimativa do desvio-padrão, pode determinar-se o Nível Sigma de curto ou de longo prazo, conforme o prazo temporal do desvio-padrão. As expressões a utilizar são as seguintes:

i) No caso de especificação bilateral:

$$Z_{CP} = \min \left[Z_{CP(LSE)} = \frac{LSE - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}_{CP}}; Z_{CP(LIE)} = \frac{\hat{\mu} - LIE}{\hat{\sigma}_{CP}} \right] \quad (2.7a)$$

$$Z_{LP} = \min \left[Z_{LP(LSE)} = \frac{LSE - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}_{LP}}; Z_{LP(LIE)} = \frac{\hat{\mu} - LIE}{\hat{\sigma}_{LP}} \right] \quad (2.7b)$$

Quando o processo se encontrar centrado, no valor nominal da especificação, então $Z_{CP(LSE)} = Z_{CP(LIE)}$ e $Z_{LP(LSE)} = Z_{LP(LIE)}$, obtendo-se uma expressão semelhante à equação 2.2.

ii) No caso de especificação unilateral com limite superior:

$$Z_{CP} = Z_{CP(LSE)} = \frac{LSE - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}_{CP}} \quad (2.8a)$$

$$Z_{LP} = Z_{LP(LSE)} = \frac{LSE - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}_{LP}} \quad (2.8b)$$

iii) No caso de especificação unilateral com limite inferior:

$$Z_{CP} = Z_{CP(LIE)} = \frac{\hat{\mu} - LIE}{\hat{\sigma}_{CP}} \quad (2.9a)$$

$$Z_{LP} = Z_{LP(LIE)} = \frac{\hat{\mu} - LIE}{\hat{\sigma}_{LP}} \quad (2.9b)$$

Quando os dados puderem ser modelados através de uma Distribuição Normal, e o processo se encontrar sob controlo estatístico, é possível determinar, a partir do Nível Sigma e recorrendo a uma tabela da Distribuição Normal reduzida, a proporção de defeitos gerados. Isso permitirá calcular o número de *DPMO* (Breyfogle III, 2003):

$$DPMO_{CP} = DPMO_{CP(LSE)} + DPMO_{CP(LIE)} = \Phi(Z_{CP(LSE)}) \times 10^6 + \Phi(Z_{CP(LIE)}) \times 10^6 \quad (2.10a)$$

$$DPMO_{LP} = DPMO_{LP(LSE)} + DPMO_{LP(LIE)} = \Phi(Z_{LP(LSE)}) \times 10^6 + \Phi(Z_{LP(LIE)}) \times 10^6 \quad (2.10b)$$

A simbologia utilizada nas equações anteriores é a seguinte:

$DPMO_{CP}$ – Número de defeitos por milhão de oportunidades no curto prazo.

$DPMO_{LP}$ – Número de defeitos por milhão de oportunidades no longo prazo.

$\Phi(Z_{CP(LSE)})$ – Probabilidade de o valor da CTQC, no curto prazo, ser maior do que o LSE.

$\Phi(Z_{LP(LSE)})$ – Probabilidade de o valor da CTQC, no longo prazo, ser maior do que o LSE.

$\Phi(Z_{CP(LIE)})$ – Probabilidade de o valor da CTQC, no curto prazo, ser menor do que o LIE.

$\Phi(Z_{LP(LIE)})$ – Probabilidade de o valor da CTQC, no longo prazo, ser menor do que o LIE.

$\hat{\mu}$ – Valor estimado da média do processo.

Quando se desconhecer a estabilidade estatística do processo, por exemplo em casos em que a implementação de cartas de controlo seja difícil de realizar, as expressões 2.7 a 2.10 não devem ser usadas. Para esses casos, o modo mais adequado para determinar o Nível Sigma consiste em primeiro calcular o número de $DPMO$, recorrendo depois à equação 2.5 para efectuar a conversão para o Nível Sigma (Breyfogle III, 2003).

Para processos que não possam ser modelados através de uma Distribuição Normal, existe a possibilidade de realizar uma transformação adequada dos dados (Requeijo, 2003; Pyzdek, 2003a; Stanard e Osborn, 2002), de modo a que se possam aplicar as técnicas e ferramentas utilizadas quando os dados seguem uma Distribuição Normal. Após realizar esse tratamento dos dados, bastará efectuar a transformação no sentido inverso para se obter a variável original. Sleeper (2007) desenvolveu um conjunto de índices de capacidade, que podem facilmente ser usados para determinar o Nível Sigma, para um conjunto muito alargado e completo de distribuições de probabilidade que não a Normal.

2.4.3. Métricas utilizadas num contexto Seis Sigma

Na secção anterior, foram introduzidas as duas principais métricas do Seis Sigma, o Nível Sigma e o número de $DPMO$, bem como a relação entre ambas. Nesta secção, generalizar-se-ão as métricas anteriores aos casos em que exista mais do que uma oportunidade para defeito, e serão introduzidas e descritas outras métricas de desempenho importantes, normalmente usadas num contexto Seis Sigma.

Normalmente, processos, produtos e serviços possuem mais do que uma única característica da qualidade (Pande *et al.*, 2000). No entanto, conforme referem Belair e O'Neill (2007), é impraticável realizar estudos de capacidade para todas elas, pelo que o princípio de Pareto pode ser utilizado para identificar as características que são verdadeiramente críticas, isto é, as CTQCs. Novamente, cada uma das CTQCs deverá obedecer às condições referidas por Sleeper (2006), conforme descrito na subsecção 2.4.1.

Quando o desempenho global de um dado sistema depender de múltiplas CTQCs, e os níveis de qualidade exigidos forem muito elevados, tornar-se-á imperativo assegurar uma variabilidade

extremamente baixa em todas elas (Bothe, 1997) para que as suas definições operacionais sejam todas cumpridas. Tal implica que os Níveis Sigma de capacidade tenham que ser elevados em todas elas. Este facto é facilmente confirmável ao conferir-se o quadro 2.4. Por exemplo, um processo que apresente um Nível Sigma de capacidade igual a 4 relativamente à sua única CTQC, a probabilidade de no longo prazo conseguir cumprir a definição operacional associada a essa CTQC ainda será elevada (99,3790%); no entanto, à medida que o número de CTQCs e respectivas definições operacionais a cumprir aumenta, mesmo que o Nível Sigma para todas essas CTQCs também seja igual a 4, a probabilidade referida decairá de forma muito acentuada. A diminuição dessa probabilidade, à medida que o número de CTQCs aumenta, apenas poderá ser considerada insignificante quando o Nível Sigma para todas elas for pelo menos igual a 6.

O mesmo quadro revela ainda a importância de procurar a minimização do número de CTQCs quando se concebe e desenvolve um produto, serviço ou processo, dado que, quantas mais existirem, maior será a sua complexidade, traduzida no aumento da probabilidade de ocorrer pelo menos um defeito (Harry e Schroeder, 2000; Pande *et al.*, 2000).

Quadro 2.4 – Evolução da probabilidade de não ocorrer nenhum defeito em função do aumento do número de características críticas para a qualidade (adaptado de: Pyzdek, 2003a).

Número de CTQCs	Rendimento global (%) - probabilidade de todas as CTQCs serem cumpridas -			
	Quando Z = 3	Quando Z = 4	Quando Z = 5	Quando Z = 6
1	93,3200	99,3790	99,9767	99,99966
2	87,0862	98,7618	99,9534	99,99932
5	70,7740	96,9333	99,8835	99,9983
10	50,0896	93,9607	99,7672	99,9966
25	17,7569	85,5787	99,4191	99,9915
50	3,1531	73,2371	98,8416	99,9830
100	0,0994	53,6367	97,6967	99,9660
150	0,0031	39,2820	96,5650	99,9490
250	0,0000	21,0696	94,3408	99,9150
500	0,0000	4,4393	89,0018	99,8301

Quando existe mais do que uma variável de saída de um processo, que seja crítica à qualidade, a prática mais comum consiste em reduzir a sua variabilidade individualmente. Yang (2004), por seu lado, propõe a utilização de técnicas e ferramentas assentes em estatísticas multivariadas com vista à redução simultânea da variabilidade em mais do que uma CTQC.

Por vezes, pode não ser possível medir todas as CTQCs através de uma variável contínua, havendo a necessidade de trabalhar com variáveis discretas. Para estas situações, existe um conjunto útil e completo de métricas, que pode ser agrupado em torno de quatro categorias:

- i) Métricas com base em “unidades defeituosas”.

Uma unidade resultante de um processo é considerada “defeituosa” quer haja um único tipo de defeito, quer existam dois ou mais tipos de defeitos. Existem métricas que apenas entram em linha de conta com o número de unidades defeituosas rejeitadas, sendo que outras consideram, para além destas, também o número de unidades retrabalhadas.

a) Proporção aparente de defeitos (*PD – Proportion defective*):

$$PD = \frac{\# \text{unidades defeituosas rejeitadas}}{\# \text{unidades processadas}} \quad (2.11)$$

b) Proporção real de defeitos (*FPD – Final proportion defective*):

$$FPD = \frac{(\# \text{unidades rejeitadas}) + (\# \text{unidades retrabalhadas})}{\# \text{unidades processadas}} \quad (2.12)$$

c) Rendimento pontual aparente do processo (*FY – Final Yield*):

$$FY = 1 - PD \quad (2.13a)$$

$$FY = \frac{\# \text{unidades processadas} - \# \text{unidades defeituosas rejeitadas}}{\# \text{unidades processadas}} \quad (2.13b)$$

d) Rendimento pontual real do processo (*TPY – Throughput Yield*):

$$TPY = 1 - FPD \quad (2.14a)$$

$$TPY = \frac{\# \text{unidades processadas} - \# \text{unidades defeituosas rejeitadas ou retrabalhadas}}{\# \text{unidades processadas}} \quad (2.14b)$$

$$TPY = e^{-DPU} \quad (2.14c)$$

ii) Métricas com base em “defeitos”.

Um defeito é uma falha que decorre do não cumprimento de uma definição operacional específica associada a uma característica crítica para a qualidade. As métricas inseridas nesta categoria baseiam-se no número ou proporção de defeitos, não no número ou proporção de unidades defeituosas.

a) Defeitos por unidade produzida (*DPU – Defects per unit*):

$$DPU = \frac{\# \text{total de defeitos}}{\# \text{unidades processadas}} \quad (2.15a)$$

$$DPU = -\ln(TPY) \quad (2.15b)$$

iii) Métricas com base em “oportunidades para defeito”.

Uma oportunidade para defeito é um potencial tipo de falha que pode ocorrer no decurso do não cumprimento de uma definição operacional associada a uma CTQC. O número de oportunidades para defeito equivale ao número de CTQCs (Truscott, 2003), pelo que a

existência de uma única característica crítica para a qualidade equivale a haver uma única oportunidade para defeito.

a) Defeitos por oportunidade (*DPO – Defects per opportunity*):

$$DPO = \frac{\# \text{ total de defeitos}}{\# \text{ unidades processadas} \times \# \text{ oportunidades para defeito}} \quad (2.16)$$

b) Defeitos por milhão de oportunidades (*DPMO – Defects per million of opportunities*):

$$DPMO = \frac{\# \text{ total de defeitos}}{\# \text{ unidades processadas} \times \# \text{ oportunidades para defeito}} \times 10^6 \quad (2.17)$$

O valor de *DPMO* corresponde geralmente ao longo prazo, pelo facto de o seu cálculo ter por base a utilização de dados históricos. O correspondente valor de Nível Sigma pode ser determinado a partir da equação 2.5.

iv) Métricas com base na “globalidade das actividades de um processo”.

As métricas referidas em *i)*, *ii)* e *iii)* têm em conta o resultado final de uma actividade, processo ou sistema individual. As métricas seguintes permitem centrar a análise na globalidade de actividades que constituem um processo, ou ainda focalizar a avaliação no conjunto de processos que compõem uma rede de processos-chave. Nas expressões seguintes, “*k*” corresponde ao número total de actividades/subprocessos de um determinado processo.

a) Rendimento global do processo (*RTY – Rolled throughput yield*):

$$RTY = \prod_{i=1}^k (TPY)_i \quad (2.18)$$

b) Rendimento global normalizado (*NY – Normalised yield*):

$$NY = \sqrt[k]{RTY} \quad (2.19)$$

O rendimento global normalizado permite determinar o número de *DPMO* geral do processo, através da expressão:

$$DPMO_{\text{Global}} = (1 - NY) \times 10^6 \quad (2.20)$$

A partir do $DPMO_{\text{Global}}$, pode recorrer-se à aplicação da equação 2.5 para calcular o Nível Sigma global equivalente.

A compilação deste vasto conjunto de métricas foi efectuada através do levantamento bibliográfico realizado, nomeadamente os trabalhos de Pande *et al.* (2000), Breyfogle III (2003), Escalante (2003), Bass (2007) e Kubiak e Benbow (2009). Para ilustrar a aplicação destas métricas, considere-se o processo genérico representado na figura 2.10. O cálculo das métricas correspondentes encontra-se indicado no quadro 2.5.

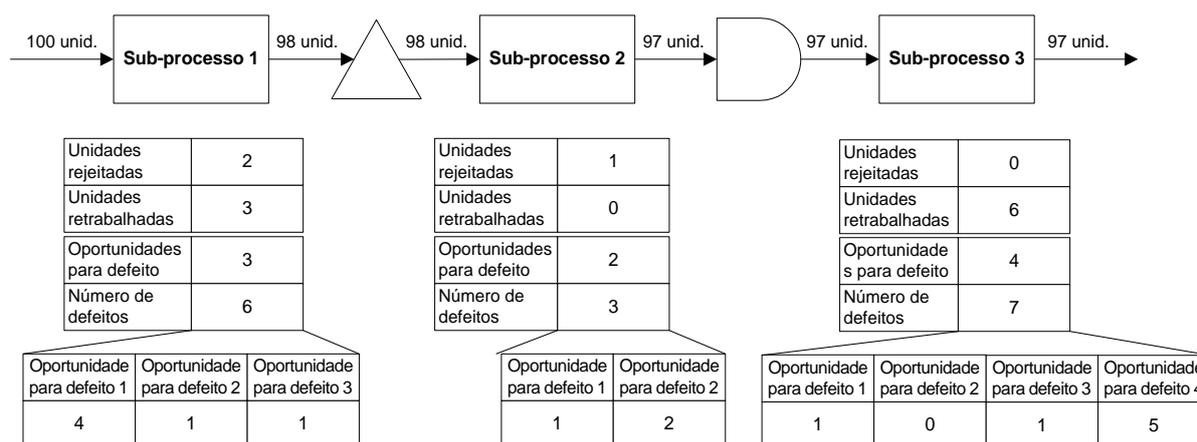


Figura 2.10 – Processo genérico constituído por três sub-processos, contendo dados sobre o número de unidades processadas, rejeitadas e retrabalhadas, bem sobre o número de defeitos e de oportunidades para defeito.

Quadro 2.5 – Cálculo das métricas fundamentais para cada sub-processo e determinação das métricas fundamentais tendo em conta a globalidade do processo.

Métrica	Sub-processo 1	Sub-processo 2	Sub-processo 3
<i>PD</i>	$\frac{2}{100} = 0,020$	$\frac{1}{98} = 0,010$	$\frac{0}{97} = 0,000$
<i>FPD</i>	$\frac{5}{100} = 0,050$	$\frac{1}{98} = 0,010$	$\frac{6}{97} = 0,062$
<i>FY</i>	$\frac{98}{100} = 0,980$	$\frac{97}{98} = 0,990$	$\frac{97}{97} = 1,000$
<i>TPY</i>	$\frac{95}{100} = 0,950$	$\frac{97}{98} = 0,990$	$\frac{91}{97} = 0,938$
<i>DPU</i>	$\frac{6}{100} = 0,060$	$\frac{3}{98} = 0,031$	$\frac{7}{97} = 0,072$
<i>DPO</i>	$\frac{6}{(100 \times 3)} = 0,020$	$\frac{3}{(98 \times 2)} = 0,015$	$\frac{7}{(97 \times 4)} = 0,018$
<i>DPMO</i>	$0,020 \times 10^6 = 20.000$	$0,015 \times 10^6 = 15.000$	$0,018 \times 10^6 = 18.000$
<i>Z</i>	3,6	3,7	3,6
Métrica	Processo global		
<i>RTY</i>	$0,950 \times 0,990 \times 0,938 = 0,882$		
<i>NY</i>	$\sqrt[3]{0,882} = 0,959$		
<i>DPMO_{Global}</i>	$(1 - 0,959) \times 10^6 = 40.922$		
<i>Z_{Global}</i>	3,2		

2.4.4. Métricas relativas à medição dos níveis de eficiência

O conjunto de métricas, indicado anteriormente, fornece um leque de indicadores úteis para se concluir acerca da eficácia de um dado processo, conjunto de processos, produtos, serviços, ou qualquer outro tipo de sistema. Quando o objectivo for o de determinar os níveis de eficiência, as métricas oriundas

da abordagem *Lean Management* revestem-se de maior utilidade. O uso de tais métricas constitui uma das formas de integrar ambas as abordagens, naquilo que é conhecido por *Lean Six Sigma*. Neste campo, algumas das principais métricas, que resultaram da revisão da literatura, encontram-se no quadro 2.6. Para além destas, podem ser encontradas outras métricas nas seguintes referências: Mejabi (2003), Liker (2004), George *et al.* (2005), Arthur (2006) e Álvarez *et al.* (2009).

Quadro 2.6 – Algumas das principais métricas oriundas do *Lean Management*, habitualmente usadas num contexto de *Lean Six Sigma* (adaptado de: Mejabi, 2003; Lunau *et al.*, 2008).

Nome da métrica	Significado
Tempo de Ciclo de um Processo (<i>PLT – Process Lead Time</i>)	Tempo total, desde o momento em que o processo tem início até ao momento em que o mesmo é concluído.
Eficiência de Ciclo do Processo (<i>PE – Process Cycle Efficiency</i>)	Percentagem de tempo do processo que é despendido com actividades que acrescentam valor, do ponto de vista do cliente (interno e/ou externo).
Operação Efectiva do Equipamento (<i>OEE – Overall Equipment Effectiveness</i>)	Percentagem de tempo em que um equipamento ou máquina se encontra disponível, durante o tempo útil de trabalho, para produzir unidades sem defeitos.
Taxa de Retrabalho (<i>RR – Rework Rate</i>)	Percentagem de unidades que, tendo sido trabalhadas desde o início do processo, a certa altura necessitam de ser retrabalhadas, pelo menos uma vez.
Nível Médio de Inventários (<i>AIL – Average Inventory Level</i>)	Quantidade média de um artigo existente em <i>stock</i> ao longo de um determinado período de tempo. Esse artigo pode tratar-se de matérias-primas, produto em vias de processamento ou produto acabado.
Custo de Posse de Inventários (<i>HC – Holding Costs</i>)	Custo decorrente de manter uma unidade de artigo em <i>stock</i> ao longo de um dado período de tempo. Esse artigo pode tratar-se de matéria-prima, produto em vias de processamento ou produto acabado.

2.5. Seis Sigma como metodologia

Enquanto metodologia, o Seis Sigma é uma abordagem disciplinada, baseada em factos, que promove a melhoria dos resultados organizacionais através de uma abordagem projecto a projecto. Cada projecto Seis Sigma desenvolve-se ao longo de uma sequência de fases, inspirada no ciclo PDCA (Klefsjö *et al.*, 2006; Montgomery e Woodall, 2008; Jones *et al.*, 2010), que utiliza, de forma estruturada e articulada, um conjunto de teorias, métodos, técnicas e ferramentas com vista a elevar, ou a projectar de raiz, níveis de eficácia e eficiência adequados ao desempenho de determinado sistema, qualquer que seja a sua natureza.

Existem fundamentalmente duas abordagens para levar a cabo um projecto Seis Sigma:

- Melhoria de um processo, produto ou serviço existente por via do ciclo DMAIC, sendo mantidas inalteradas as principais decisões conceptuais.
- Reconcepção, ou até concepção de raiz, de um determinado processo, produto ou serviço através de uma metodologia de Projecto para Seis Sigma (DFSS – *Design for Six Sigma*).

De acordo com Pyzdek (2003b), a realização de um projecto Seis Sigma, seja este orientado para a melhoria contínua (DMAIC) ou para uma abordagem de DFSS, deverá enquadrar-se num processo mais amplo que compreende duas fases de pré-projecto e uma outra de pós projecto (figura 2.11):

- 1) Identificação, avaliação e selecção de projectos.
- 2) Planeamento do projecto Seis Sigma seleccionado.
- 3) Realização do projecto Seis Sigma seleccionado.
- 4) Pós-projecto.

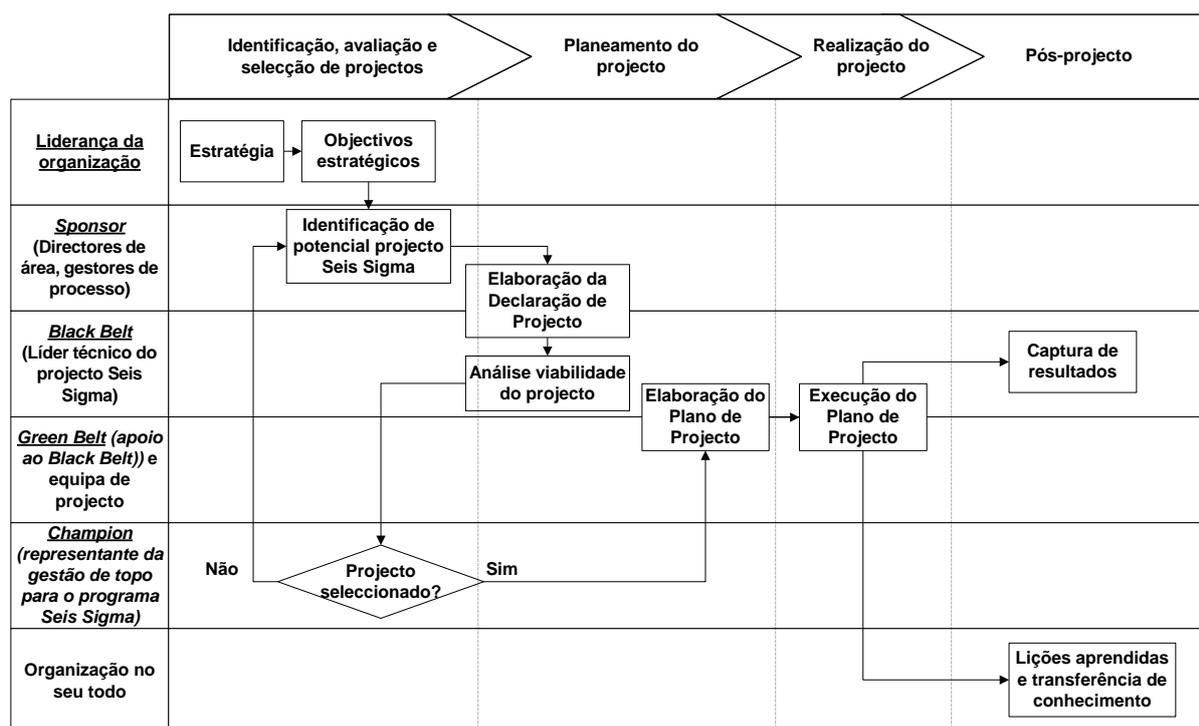


Figura 2.11 – Fases inerentes ao ciclo de vida dos projectos Seis Sigma (adaptado de: Pyzdek, 2003b).

2.5.1. Identificação, avaliação e selecção de projectos Seis Sigma

Para Brue e Howes (2006), a identificação sistemática de potenciais bons projectos Seis Sigma tem grande importância, dado ser este esforço que permite sustentar as iniciativas de melhoria e inovação no médio e longo prazos. Um dos pressupostos para um potencial projecto de melhoria ser um projecto Seis Sigma é que as causas do problema e a solução a implementar não sejam conhecidas nesta fase (Lynch *et al.*, 2003).

Os dados recolhidos, quantitativos e/ou qualitativos, provenientes de múltiplas fontes são a matéria-prima para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma. O tratamento e análise desses dados deverá permitir a determinação de informação relevante, abrangente e completa sobre o desempenho da organização e a evolução do negócio e, deste modo, detectar oportunidades de melhoria e/ou inovação que possam ser aproveitadas através da realização bem sucedida de projectos Seis Sigma. Pande *et al.* (2000) enquadram as fontes de potenciais projectos Seis Sigma em:

- *Fontes externas* – Dados que incidem sobre as necessidades e expectativas dos clientes, tendências evolutivas dos mercados, ou ainda sobre comparações competitivas e/ou de posicionamento relativamente a organizações concorrentes de referência.
- *Fontes internas/externas* – Dados que dizem respeito ao negócio em si, provindo sobretudo das actividades de gestão estratégica. Podem ter tanto uma origem interna como externa.
- *Fontes internas* – Dados inerentes aos processos de realização, podendo dizer respeito aos indicadores-chave das operações, aos colaboradores envolvidos, aos equipamentos utilizados, entre outros.

El-Haik e Roy (2005) preferem categorizar essas fontes em torno de duas categorias:

- *Fontes retroactivas* – Dados históricos referentes a resultados ou a acontecimentos que já tiveram lugar. Indicadores-chave de desempenho, reclamações, índices de satisfação de clientes, são exemplos desta categoria.
- *Fontes proactivas* – Dados que, pelo facto de não estarem prontamente disponíveis, poderão necessitar de um tratamento e análise adicionais ou então de virem a ser recolhidos por meio de iniciativas ou acções futuras. Entrevistas e inquéritos a clientes, estudos de *benchmarking*, planos multi-geracionais de produtos e serviços, objectivos estratégicos, entre outros, são exemplos de fontes proactivas.

Com base nas classificações anteriores, é então possível enquadrar os vários tipos de fontes de dados, cujo tratamento e análise conduzirá à identificação de possíveis projectos Seis Sigma, em torno de quatro quadrantes, conforme se indica no quadro 2.7.

A identificação de potenciais projectos Seis Sigma é uma actividade da responsabilidade dos gestores de processo e/ou dos directores de áreas funcionais (Brue e Howes, 2006), por vezes designados de *Sponsors* ou *Project Sponsors*, que permite que sejam identificadas áreas problemáticas que requerem solução, assim como oportunidades de melhoria e/ou de inovação. Para cada candidato a projecto, compete ao *Sponsor* que o propõe elaborar uma ficha de “Declaração de Projecto” (*Project Charter* ou *Project Statement*). Este documento, geralmente com a dimensão de uma página, é o bilhete de identidade de um projecto Seis Sigma, funcionando, de acordo com Pyzdek (2003b), como meio de comunicação para todos os intervenientes no mesmo. Contém habitualmente uma descrição clara sobre o âmbito do projecto e a sua importância para a organização, o problema a resolver ou a oportunidade a aproveitar, os resultados esperados, as métricas usadas para medir o sucesso ou insucesso do projecto (Snee e Hoerl, 2003), os membros da equipa e as datas de início e fim do projecto (Brue e Howes, 2006), entre outras eventuais informações. O apêndice II contém uma proposta de ficha de Declaração de Projecto.

Depois de preenchida, a ficha de Declaração de Projecto é submetida à apreciação de um *Champion* (Ginn e Varner, 2004) ou de um comité de selecção (Montgomery e Woodall, 2008). Eventuais ajustes serão necessários até que a proposta de projecto, materializada na Declaração de Projecto, seja finalmente incluída no processo de avaliação e selecção de projectos Seis Sigma.

Quadro 2.7 – Enquadramento das fontes de dados cujo tratamento e análise conduzem à identificação de potenciais projectos Seis Sigma.

	Fontes com origem interna	Fontes com origem externa
Fontes retroactivas	<ul style="list-style-type: none"> ● Indicadores-chave de desempenho (KPIs) dos processos organizacionais. ● KPIs relativos ao ambiente, segurança, recursos humanos, responsabilidade social, entre outras vertentes. ● Relatórios de testes e ensaios efectuados aos produtos ● Relatórios de testes e ensaios efectuados durante a realização do serviço. ● Dados dos serviços de apoio ao cliente. ● Projectos de melhoria e/ou de inovação realizados anteriormente. ● Relatórios comerciais e de vendas. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Reclamações de clientes. ● Accionamentos de garantia. ● Inquéritos regulares para monitorizar a satisfação dos clientes ● KPIs, relatórios, registos, entre outros dados, provenientes dos parceiros de negócio. ● Indicadores-chave de desempenho, relatórios e informações provenientes dos fornecedores. ● Legislação, normas e regulamentos. ● Indicadores externos de referência (em revistas da especialidade ou de defesa do consumidor, observatórios, etc.).
Fontes proactivas	<ul style="list-style-type: none"> ● Patentes da organização. ● Sugestões de melhoria por parte dos colaboradores. ● Sessões de <i>brainstorming</i> para geração de ideias para novos produtos. ● Análise ao ciclo de vida dos produtos, serviços, processos e tecnologias da organização (planos multigeracionais). ● Planos e objectivos estratégicos da organização. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Estudos de <i>benchmarking</i>. ● Sugestões de clientes. ● Projectos de investigação. ● Resultados de entrevistas presenciais, grupos focalizados, inquéritos, entre outras iniciativas para recolha das necessidades dos clientes. ● Análise de mercados e percepção de tendências nos factores políticos, sócio-económicos, tecnológicos, etc.). ● Patentes externas à organização.

A correcta selecção de projectos Seis Sigma tem sido identificada como um dos aspectos mais importantes para o sucesso de um programa Seis Sigma numa organização (Chakravorty, 2009), especialmente quando são lançados os primeiros projectos (Hahn, 2005; Montgomery e Woodall, 2008). É fundamental que os critérios para avaliar e seleccionar os potenciais projectos Seis Sigma estejam estabelecidos (Antony, 2006); contudo, a unanimidade sobre que critérios utilizar está ainda longe de ser uma realidade (Su e Chou, 2008).

Bañuelas *et al.* (2006) compilaram vários dos critérios propostos na literatura para a avaliação e selecção de projectos, agrupando-os em torno de seis critérios (critérios 1 a 6). Ao consultar literatura adicional acerca desta temática, adicionaram-se outros dois critérios (critérios 7 e 8) ao grupo anterior, dada a frequência com que são citados. Deste modo, resulta um total de oito critérios:

- Critério 1: Impacto nas necessidades e expectativas críticas dos clientes.
- Critério 2: Retorno financeiro após a execução do projecto.
- Critério 3: Comprometimento e suporte por parte da gestão de topo.
- Critério 4: Mensurabilidade do projecto e grau de exequibilidade.
- Critério 5: Contribuição para a aprendizagem e crescimento da organização.
- Critério 6: Alinhamento com a estratégia organizacional.
- Critério 7: Quantidade de recursos necessários a afectar ao projecto.
- Critério 8: Probabilidade de que a duração requerida para o projecto seja cumprida.

A distribuição destes oito critérios pelas referências bibliográficas que os propõem, encontra-se descrita no quadro 2.8. O quadro indica também outros critérios sugeridos nessas referências.

Quadro 2.8 – Critérios para proceder à avaliação e selecção de potenciais projectos Seis Sigma, por referência bibliográfica.

	Harry e Schroeder (2000)	Pande <i>et al.</i> (2000)	Snee e Rodebaugh Jr. (2002)	Pyzdek (2003b)	Antony (2004)	Bremer <i>et al.</i> (2006)	Kumar <i>et al.</i> (2007b)
Critério 1	✓	✓		✓	✓	✓	✓
Critério 2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Critério 3		✓		✓	✓		
Critério 4	✓	✓		✓	✓		
Critério 5		✓				✓	
Critério 6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Critério 7	✓	✓		✓	✓		✓
Critério 8		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Outros critérios propostos		Especificidade técnica do projecto.		Benefícios para accionistas e colaboradores. Preenchimento completo e aceitável da "Declaração de Projecto".	Risco do projecto. Especificidade técnica do projecto.	Necessidade expectável de utilização de técnicas e ferramentas estatísticas	Aumento expectável do Nível Sigma. Aumento da produtividade.

A literatura disponível propõe também um vasto conjunto de métodos e técnicas para avaliar os potenciais projectos Seis Sigma alternativos, previamente identificados, atendendo a um conjunto de critérios pré-definidos, de modo a seleccionar o(s) mais vantajoso(s) para a organização. Os métodos sugeridos e as respectivas referências bibliográficas encontram-se indicados no quadro 2.9.

À medida que o programa Seis Sigma de uma organização vai maturando, a lista de possíveis projectos a desenvolver irá sofrendo sucessivas renovações (Snee e Rodebaugh Jr., 2002). Deste modo, a gestão desse portefólio deverá ser feita numa base contínua (Snee e Hoerl, 2003), para que a selecção de projectos Seis Sigma possa ser sistematizada e contribuir assim para a criação de valor no negócio (Kumar *et al.*, 2007a) de forma sustentada. Fernandes *et al.* (2010) desenvolveram um modelo teórico-conceitual para gerir continuamente o portefólio de potenciais projectos Seis Sigma. Snee e Rodebaugh Jr. (2002), Pyzdek (2003b) e Brue e Howes (2006) descrevem as boas práticas para uma eficaz gestão desse portefólio.

Mawby (2007) descreve em pormenor um alargado leque de temáticas relacionadas com a identificação, avaliação e selecção de projectos Seis Sigma.

Quadro 2.9 – Métodos propostos para avaliar a seleccionar potenciais projectos Seis Sigma.

Referência	Método(s) proposto(s)
Pyzdek (2000)	Teoria das Restrições (TOC – <i>Theory of Constraints</i>).
Pande <i>et al.</i> (2000)	Desdobramento da Função Qualidade (QFD – <i>Quality Function Deployment</i>).
Kelly (2002)	Matriz de Selecção de Projectos.
Pyzdek (2003a)	Desdobramento da Função Qualidade (QFD – <i>Quality Function Deployment</i>).
Pyzdek (2003b)	Índice de Prioridade de Pareto (<i>PPI – Pareto Priority Index</i>).
Breyfogle III (2003)	Teoria das Restrições (TOC – <i>Theory of Constraints</i>).
McCarty <i>et al.</i> (2004)	Matriz de Análise de Impacto (<i>Impact Analysis Matrix</i>).
Watson (2004)	AHP (<i>Analytical Hierarchy Process</i>).
Bremer <i>et al.</i> (2006)	Matriz de Selecção de Projectos.
Brue e Howes (2006)	Matriz de Prioritização de Projectos.
Kendrick e Saaty (2007)	AHP (<i>Analytical Hierarchy Process</i>).
Kumar <i>et al.</i> (2007b)	Análise Envolvória de Dados (DEA – <i>Data Envelopment Analysis</i>) .
Su e Chou (2008)	Método de prioritização, assente em 4 fases, atendendo ao benefício e ao risco inerentes a cada potencial projecto Seis Sigma.
Yang e Hsieh (2009)	Tomada de Decisão Multi-Critério <i>Fuzzy</i> (<i>Fuzzy Multiple Criteria Decision Making</i>), atendendo aos critérios do referencial de excelência MBNQA.

2.5.2. Planeamento do projecto Seis Sigma seleccionado

A fase de planeamento de um projecto Seis Sigma visa sobretudo a elaboração de:

- Um plano sobre a programação das actividades a realizar durante o projecto.
- Um plano de comunicação e gestão da mudança, se necessário.
- Um plano de controlo de risco, se necessário.

Cada uma destas três actividades de planeamento envolve um conjunto de tarefas específicas, que podem ser apoiadas na utilização de técnicas e ferramentas, conforme indicado no quadro 2.10.

2.5.3. Realização do projecto Seis Sigma seleccionado

Existem duas abordagens fundamentais para a realização de projectos Seis Sigma: uma de melhoria contínua que decorre ao longo das cinco fases inscritas no ciclo DMAIC; e uma outra de concepção e desenvolvimento, envolvendo por isso fenómenos de inovação, que é executada através de um mapa de DFSS (Bañuelas e Antony, 2004). Em ambos os casos, a execução do projecto apoia-se numa sequência bem definida de fases.

Projectos Seis Sigma, que sejam conduzidos tendo como referência o mapa DMAIC, envolvem situações em que se pretenda melhorar um processo organizacional existente ou então em que se queira incrementar o nível de desempenho de um produto ou serviço que não satisfaça por completo

as expectativas dos clientes (Nonthaleerak e Hendry, 2008). O DMAIC é uma particularização do ciclo PDCA, que permite às equipas de projecto compreender como integrar um conjunto de técnicas e ferramentas no processo de melhoria contínua (Montgomery e Woodall, 2008). Em geral, as primeiras quatro fases, correspondentes ao DMAI, referem-se a actividades de melhoria da qualidade, enquanto que a última fase C corresponde a actividades de controlo da qualidade (Snee e Hoerl, 2005).

Quadro 2.10 – Actividades inerentes ao planeamento de um projecto Seis Sigma
(adaptado de: Pyzdek, 2003b; Ginn e Varner, 2004).

Actividade	Tarefas específicas	Técnicas/ferramentas potencialmente úteis
Elaborar plano de projecto	Definir a equipa de projecto e as principais metas a atingir ao longo do projecto.	
	Identificar as actividades a desenvolver para atingir as metas definidas e estabelecer as interrelações entre elas.	<ul style="list-style-type: none"> • DSM com base em actividades (Browning, 2001). • Diagrama de actividades. • PERT-CPM (Breyfogle III, 2003). • Gráfico de Decisão do Processo (PDPC).
	Efectuar programação temporal das actividades (incluindo as revisões formais do projecto) e dos prazos a cumprir (incluindo as metas a atingir).	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de actividades • PERT-CPM (Breyfogle III, 2003) • Gráfico de <i>Gantt</i>. • 5W1H.
	Afectar recursos humanos, materiais e financeiros às actividades, de acordo com as necessidades e as possibilidades.	<ul style="list-style-type: none"> • Planeamento dos recursos do projecto (Pyzdek, 2003b). • Diagramas matriciais.
	Definir funções e papéis a desempenhar pelos membros da equipa de projecto.	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz RACI. • 5W1H.
Definir plano de comunicação e de gestão da mudança	Estabelecer mecanismos de coordenação e de comunicação entre os membros da equipa.	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas e ferramentas de <i>team building</i>
	Avaliar o potencial impacto causado pelo projecto Seis Sigma em cada um dos elementos ou funções organizacionais afectados pelo mesmo.	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz “De-Para” (<i>From-To Matrix</i>) • Gráfico de “Perdas e Ganhos” (<i>Losses and Gains Matrix</i>)
	Identificar factores de resistência associados a cada um dos elementos ou funções afectados.	<ul style="list-style-type: none"> • Análise do Campo de Forças (<i>Force Field Analysis</i>) • Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA)
	Avaliar o grau de comprometimento, para com o projecto, de cada elemento ou função afectado.	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de Escalas de Comprometimento.
Desenvolver plano de controlo de risco	Desenvolver estratégias que visem aumentar o nível de comprometimento e reduzir a resistência.	<ul style="list-style-type: none"> • Plano de Comunicação. • <i>Elevator Speech</i>.
	Identificar factores de risco significativos que possam comprometer o sucesso do projecto Seis Sigma.	<ul style="list-style-type: none"> • Análise do Campo de Forças (<i>Force Field Analysis</i>) • Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA).
	Desenvolver acções de mitigação dos riscos que foram identificados.	<ul style="list-style-type: none"> • Árvore de Análise de Falhas (FTA).

Os principais objectivos de cada uma das fases que constituem o mapa DMAIC encontram-se indicados na figura 2.12

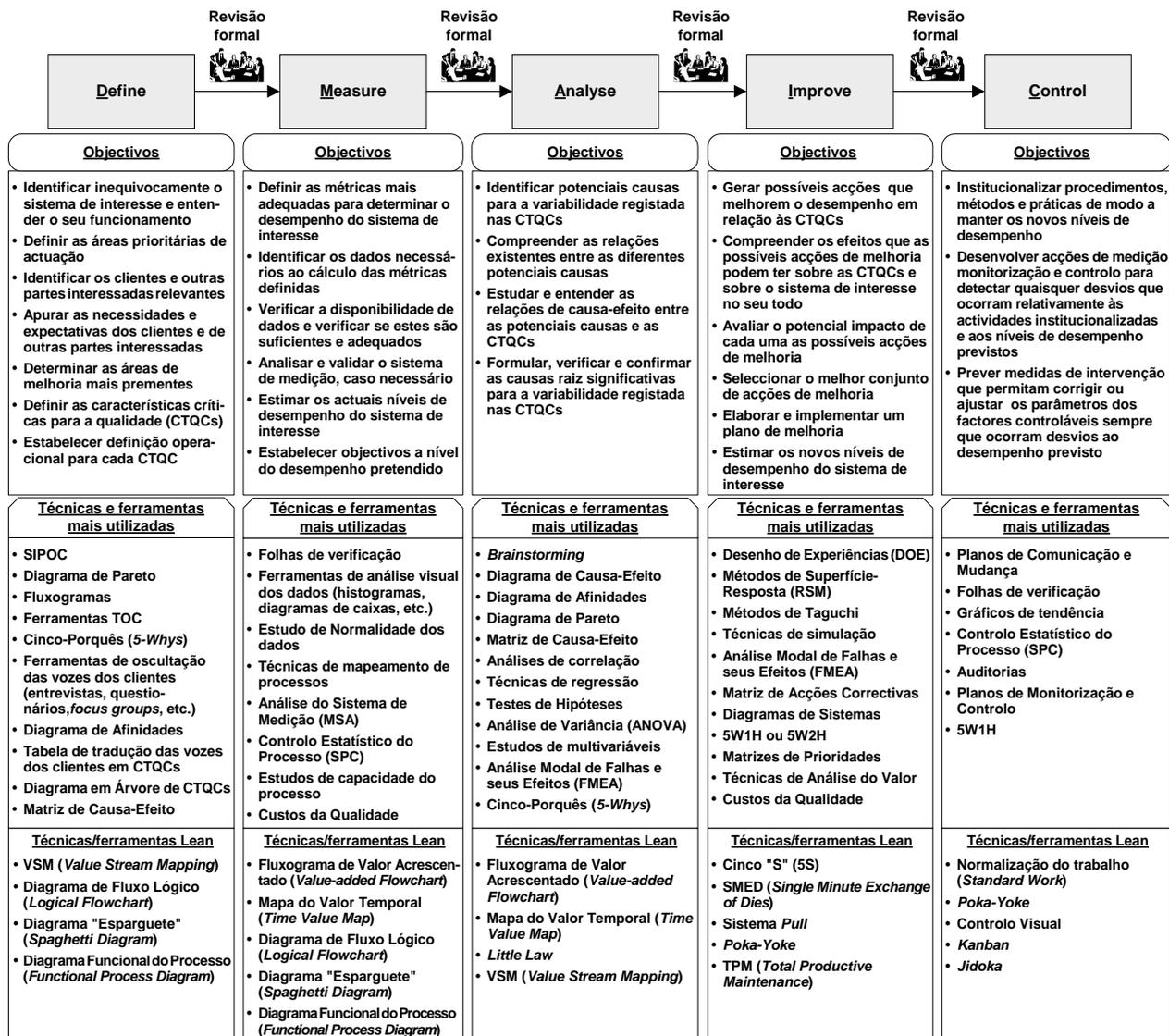


Figura 2.12 – Principais objectivos e técnicas utilizadas em cada fase do mapa DMAIC (adaptado de: Pyzdek, 2003b; Brue e Howes, 2006; Lunau *et al.* 2008; Kubiak e Benbow, 2009).

Descrevem-se de seguida em detalhe as actividades que têm lugar em cada fase do ciclo DMAIC, com base em diversa literatura consultada (Pyzdek, 2003b; Watson, 2004; Desai, 2006; Brue e Howes, 2006; Lunau *et al.* 2008; Montgomery e Woodall, 2008; Kubiak e Benbow, 2009):

- Define** – Frequentemente, a literatura opta por enquadrar as actividades de planeamento do projecto nesta fase; contudo, autores como Pyzdek (2003b), Andersson *et al.* (2006), Anbari *et al.* (2008), Kubiak e Benbow (2009), Gray e Anantatmula (2009) e Alsmadi e Khan (2010), entre outros, discordam e sugerem que tal seja realizado antes do DMAIC ter início. Nesta fase, define-se qual o sistema de interesse (processo, produto ou serviço) cujo desempenho se quer melhorar. Identificam-se os clientes do sistema de interesse e outras partes interessadas no mesmo de modo a poder-se recolher, analisar e determinar as suas necessidades e expectativas. Ao compreender em detalhe o funcionamento do sistema e ao modo como os requisitos dos clientes e de outras partes interessadas não são totalmente satisfeitas, podem apurar-se exactamente as falhas e áreas de melhoria mais prementes. A

fase de *Define* termina com a conversão das necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas, normalmente enunciadas, de forma qualitativa, em requisitos concretos e específicos; tais requisitos devem aparecer associados a características críticas para a qualidade (CTQCs), cada uma contendo uma definição operacional relacionada que constitui um padrão de aceitação/rejeição claro, não ambíguo, e mensurável ou observável. Em projectos em que o DMAIC é utilizado, os esforços de melhoria incidem sobre uma ou poucas CTQCs, pelo que poderá ser necessário priorizá-las nesta fase.

- *Measure* – O principal objectivo desta fase é o de estimar os actuais níveis de desempenho do sistema relativamente às CTQCs definidas. Os níveis de desempenho estimados nesta fase constituem o que geralmente se denomina por “*baseline*”. Métricas como o Nível Sigma, o número de *DPMO*, o rendimento global do processo, entre outras que foram referidas na subsecção 2.4.2, podem ser utilizadas para esse efeito. Em projectos cujo objectivo incida na redução de desperdícios dos processos, a utilização de métricas habitualmente consagradas na filosofia *Lean Management*, como a Eficácia Global dos Equipamentos (*OEE – Overall Equipment Effectiveness*), a Taxa de Retrabalho (*Rework Rate*), o Nível Médio de Inventários (*Average Inventory Level*), a Eficiência de Ciclo do Processo (*PE – Process Cycle Efficiency*), entre outras, podem ser relevantes. Métricas financeiras, tais como os custos de não qualidade, custos de desperdício, entre outras, também podem ser calculadas. A determinação do *baseline* pode implicar a realização de outras actividades, nomeadamente a análise e validação dos sistemas de medição envolvidos, o desenvolvimento de estratégias de amostragem e de recolha de dados, o tratamento, análise e interpretação desses mesmos dados. Esta fase do projecto termina, normalmente, com o estabelecimento de objectivos para os níveis de desempenho, custos e/ou eficiência a atingir futuramente.
- *Analyse* – No início desta fase, começa-se por identificar um conjunto de possíveis causas passíveis de conduzir ao desempenho não satisfatório nas CTQCs. Normalmente, apenas uma pequena parte das potenciais causas contribui de forma significativa para o problema, pelo que é necessário identificar e priorizar as mais relevantes. Tal é possível de efectuar avaliando cuidadosamente o impacto que as diferentes possíveis fontes de variação têm nas variáveis críticas, ou CTQCs. Do conjunto de causas prioritizadas, há aquelas que são passíveis de ser controladas e outras cujo controlo é inviável por questões práticas e/ou económicas. Deste modo, o comportamento de cada CTQC, ou *Y*, será função de um conjunto de factores controláveis (os *Xs*) e não controláveis (os *Ns*), conforme expressa a equação 2.1. É também importante estudar e perceber as correlações existentes entre os factores controláveis e de que modo a sua combinação afecta as CTQCs. Esta terceira fase do DMAIC costuma terminar com a identificação inequívoca das causas-raiz do desempenho não satisfatório, sendo que a determinação da sua significância estatística é uma actividade, sempre que seja possível realizar, muito importante. Em projectos de redução de desperdício, tipicamente enquadrados num contexto *Lean Six Sigma*, esta fase tem como objectivo analisar e identificar os principais factores de desperdício existentes num processo.
- *Improve* – Uma vez identificadas as causas significativas do menor desempenho registado nas CTQCs, começa-se por procurar desenvolver, nesta fase, um leque de possíveis medidas e

soluções que permitam corrigir os problemas, falhas ou ineficiências, actuando directamente sobre as causas raiz. Esse conjunto de ideias de melhoria é depois organizado, estruturado e refinado, procurando-se igualmente estudar e compreender melhor as implicações das soluções propostas, não apenas sobre a potencial melhoria, mas igualmente sobre os custos e investimentos necessários à sua implementação, assim como o impacto que poderão ter no funcionamento global de todo o sistema, e como as mudanças se poderão propagar através dos interfaces com outros sistemas adjacentes. Planos de melhoria alternativos podem ser ponderados, pelo que poderá proceder-se a uma avaliação, atendendo a um conjunto de critérios, de modo a identificar o plano mais adequado em termos de relação benefício *versus* custo. A implementação do plano de melhoria seleccionado poderá ser primeiro testado numa determinada área ou situação piloto e só depois ser implementado de forma mais geral. Esta fase termina com a determinação dos novos níveis de desempenho, provavelmente utilizando as mesmas métricas anteriormente usadas na fase de *Measure*, para verificar se houve efectivamente um incremento de melhoria que corresponda aos objectivos traçados.

- Control – Quando o projecto Seis Sigma entra nesta fase, assume-se que o plano de melhoria seleccionado foi implementado e considerado eficaz. O objectivo desta quinta fase é o de procurar garantir que os novos níveis de desempenho sejam efectivamente mantidos. Para tal, são criados e institucionalizados novos procedimentos e práticas cujo cumprimento se pretende sistematizar. O desenvolvimento de planos de medição, monitorização e controlo permitirá acompanhar a evolução das variáveis-chave de entrada (factores de controlo) e das CTQCs do sistema de interesse, permitindo que se possam detectar quaisquer desvios, face ao previsto, que sejam corrigíveis através de acções reactivas antecipadamente planeadas.

Em geral, a descrição feita da sequência das actividades que têm lugar ao longo do ciclo DMAIC é relativamente consensual na literatura sobre Seis Sigma. As diferenças encontradas na literatura prendem-se essencialmente com a fase do DMAIC em que algumas das actividades descritas são enquadradas; Por exemplo, Brue (2002) e Breyfogle III (2003) sugerem que a recolha e análise das necessidades dos clientes e sua conversão em características críticas mensuráveis decorram durante a fase de *Measure* e não na fase de *Define*. Shahabuddin (2008), por seu lado, propõe que o desenvolvimento de possíveis acções de melhoria seja ainda efectuado durante a fase de *Analyse* e não na fase de *Improve*. Kwak e Anbari (2006) incluem a prioritização de planos de melhoria na fase de *Analyse* e apenas a sua implementação na fase de *Improve*.

Entre cada transição de fase, deverá sempre ocorrer uma revisão formal do projecto, o que a literatura habitualmente denomina de “*tollgate*”. Nesta revisão formal participam o(s) *Sponsor(s)* e o(s) *Champion(s)*, sendo efectuada a avaliação da progressão do projecto Seis Sigma (McCarty *et al.*, 2004) em todas as suas vertentes. São tomadas eventuais decisões sobre a reformulação do âmbito e objectivos do projecto, ou mesmo sobre o seu cancelamento, podendo também ser replaneadas as actividades a desenvolver, especialmente aquelas que decorrerão na fase seguinte do projecto (Lunau *et al.*, 2008).

Enquanto metodologia, o Seis Sigma permite a utilização integrada de um vasto e poderoso conjunto de técnicas e ferramentas, possibilitando a sua aplicabilidade à melhoria de praticamente qualquer

tipo de sistema (Bewoor e Pawar, 2010). A figura 2.12 também indica várias das técnicas e ferramentas habitualmente utilizadas em cada fase do DMAIC. A selecção das técnicas e ferramentas a utilizar, no decurso de um projecto Seis Sigma, depende sobretudo da natureza do processo a melhorar e do tipo de dados que envolve (Lupan *et al.*, 2005). As técnicas e ferramentas usadas em projectos Seis Sigma, envolvendo processos industriais, são normalmente diferentes das requeridas quando se executa um projecto Seis Sigma num ambiente transaccional (Tang *et al.*, 2007; Nonthaleerak e Hendry, 2008).

É por isso natural que, à medida que o desenvolvimento de projectos Seis Sigma vai sendo aplicado a um crescente número de sectores de actividade, sejam introduzidas novas técnicas e ferramentas, provenientes de outras áreas do conhecimento (Su *et al.*, 2006), para além das tradicionalmente contempladas na gestão e engenharia da qualidade. Um dos exemplos mais significativos disso mesmo é a incorporação de técnicas oriundas da filosofia *Lean Management* no ciclo DMAIC, tipicamente usadas em projectos *Lean Six Sigma*, onde, para além da redução da variabilidade dos processos, se procuram eliminar factores de desperdício. A distribuição das ferramentas *Lean* pelas fases do DMAIC, indicada na figura 2.12, tem por base as propostas feitas nos trabalhos publicados por George (2002), *Lockheed Martin Corporation* (2004), El-Haik e Al-Aomar (2006), Dirgo (2006), Rivera e Chen (2007) e Lunau *et al.* (2008).

Ao contrário da metodologia de melhoria contínua do Seis Sigma, em que a adopção do mapa DMAIC reúne consenso, têm sido propostas múltiplas abordagens metodológicas de DFSS que conduziram ao aparecimento de uma grande variedade de acrónimos (Shahin, 2008), mas o acrónimo DMADV representa o mapa metodológico de DFSS mais utilizado (Pfeifer *et al.*, 2004; Klefsjö *et al.*, 2006; Cronemyr, 2007). Apesar da diferença da terminologia e do número de fases que diferentes metodologias apresentam, de um modo geral, os seus objectivos e conjunto de técnicas e ferramentas utilizadas são similares (Goudarzlou e Chuan, 2008).

A figura 2.13 descreve os principais objectivos de um projecto de DFSS, distribuídos pelas cinco fases que constituem o mapa DMADV, indicando também as técnicas e ferramentas mais usadas em cada uma delas. À semelhança do que acontece com os projectos DMAIC, existem revisões formais intermédias entre cada transição de fase. O DMADV, ou outro qualquer mapa de DFSS que seja utilizado, também é consistente com o ciclo PDCA (Jones *et al.*, 2010). A informação contida na figura 2.13 compila informação proveniente de várias referências científicas relevantes, nomeadamente os trabalhos de Ginn e Varner (2004), Watson (2004), Rainey (2005), Yang (2005b) e Cronemyr (2007). A abordagem de DFSS será aprofundada no capítulo 3, explorando-se também as diferenças entre esta e a vertente de melhoria assente no mapa DMAIC.

Num contexto de terceira geração de Seis Sigma, as duas metodologias anteriores (Seis Sigma DMAIC e DFSS) podem ser perspectivadas como estruturas de desenvolvimento de competências que têm por objectivo a criação de valor (Harry e Crawford, 2005). O processo de criação de valor envolve uma cadeia de eventos com vista a inovar, configurar, realizar e atenuar um determinado sistema de interesse (Harry e Linsenmann, 2006).

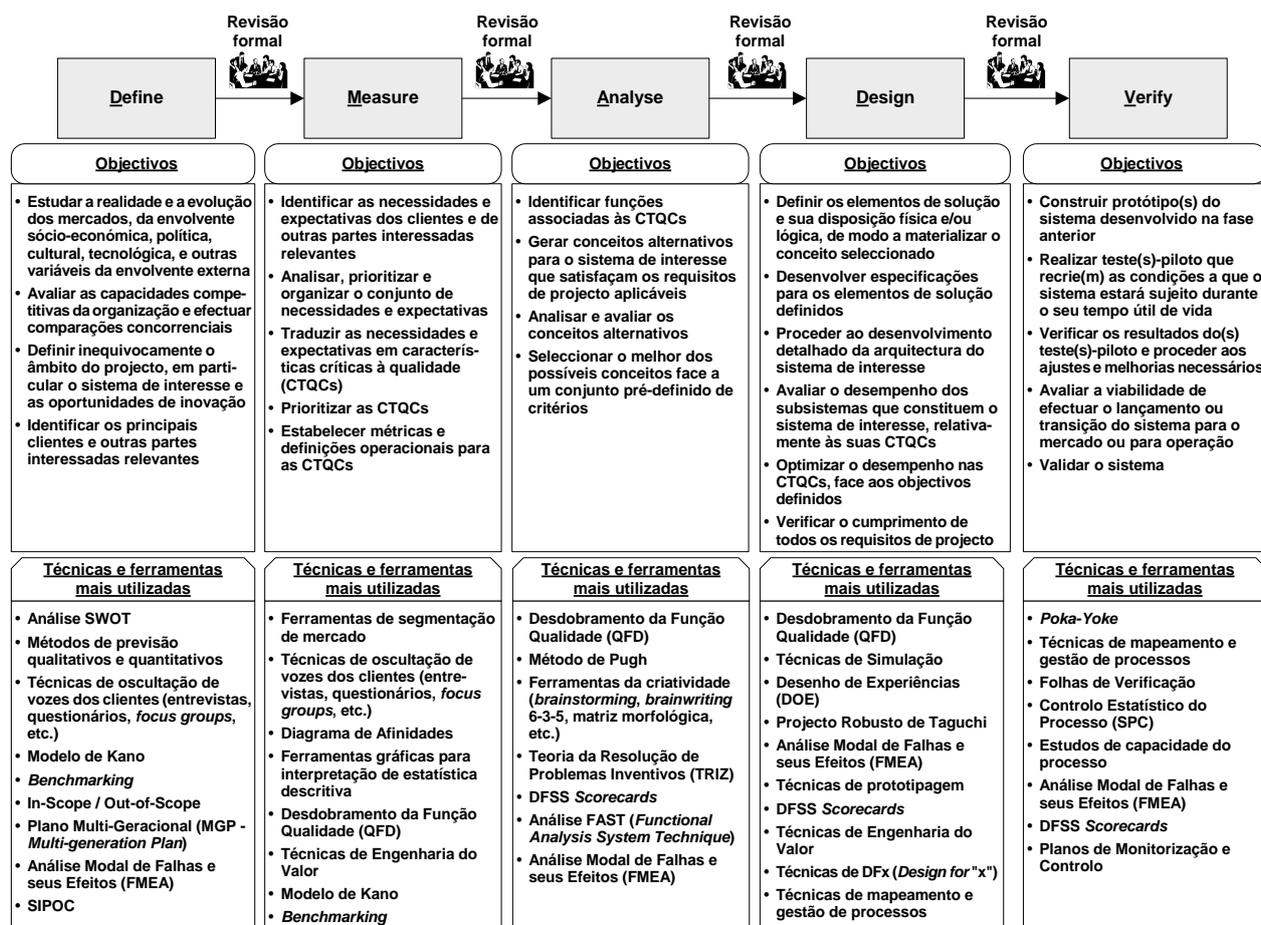


Figura 2.13 – Principais objectivos e técnicas utilizadas em cada fase do mapa DMADV (adaptado de: Yang e El-Haik, 2004; Ginn e Varner, 2004; Jugulum e Samuel, 2008; Lunau *et al.* 2009).

A estratégia de criação de valor, conhecida pelo acrónimo ICRA (*Innovation, Configuration, Realization, Attenuation*), incorpora doze grandes ideias, que também se encontram indicadas na figura 2.14.

A inovação num negócio é espoletada por uma determinada necessidade interna, proveniente do mercado e/ou do meio envolvente. A solução que permitirá explorar essa necessidade, que constitui uma oportunidade para criar valor e alcançar vantagens competitivas, pode ser identificada a partir de um leque alternativo de ideias viáveis. Essas ideias constituem um suporte e uma alavancagem para a tomada de decisões conceptuais, tendo em vista a configuração final do sistema de interesse que, após ser testado, medido e verificado, permitirá averiguar se a necessidade identificada pode ou não ser satisfeita de forma eficaz e eficiente. Após criar valor, o negócio realiza-o através de processos organizacionais capazes de transformar um conjunto de factores e elementos de entrada em atributos e funcionalidades que gerarão utilidade aos clientes e a outras partes interessadas. Sempre que a realização de valor não ocorra de acordo com o planeado, é necessário desenvolver acções que atenuem a incerteza, a complexidade e o risco associados aos processos, de modo a que a necessidade original, que espoletou a cadeia de eventos, seja satisfeita.

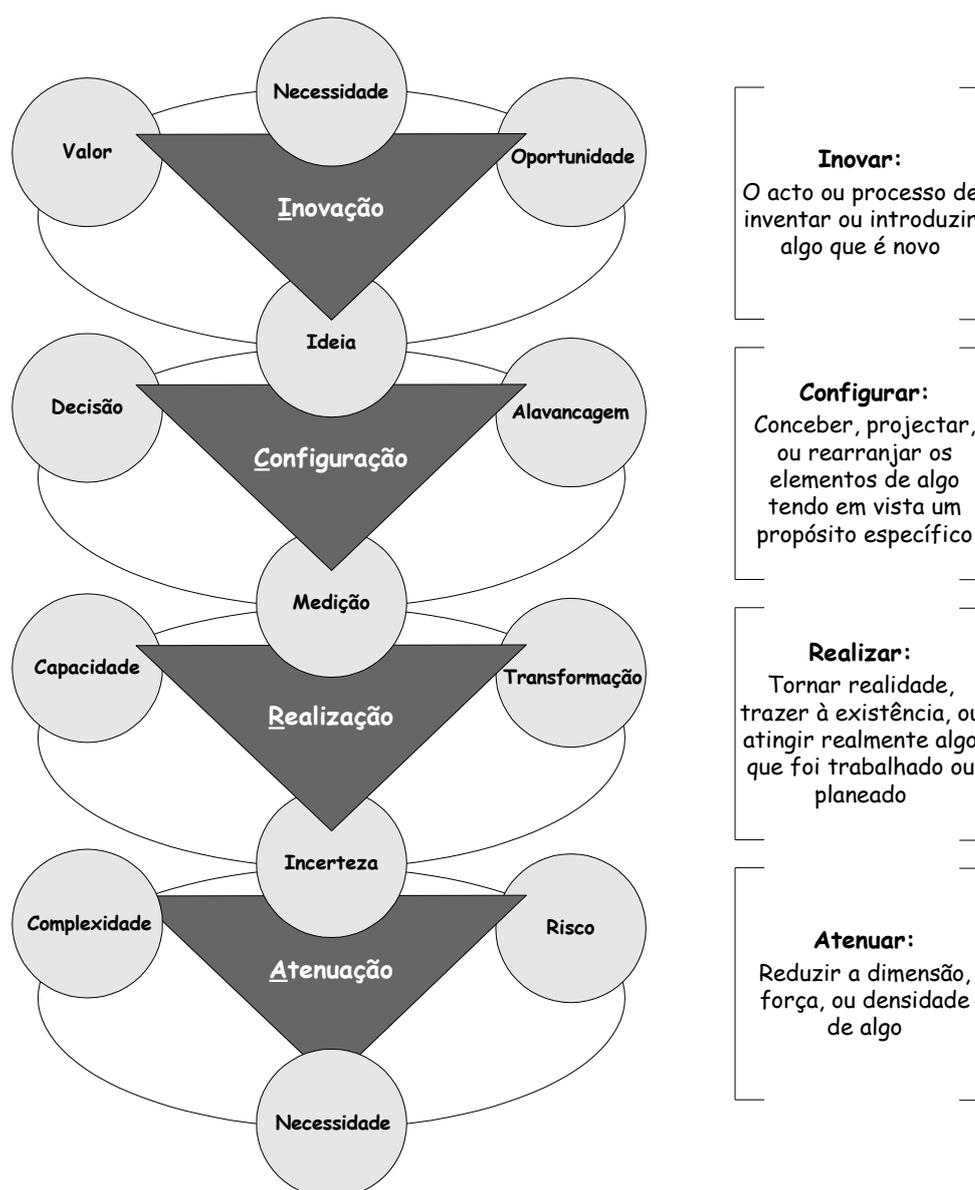


Figura 2.14 – Estratégia de criação de valor ICRA e as doze grande ideias (adaptado de: Harry e Linsenmann, 2006).

Os quatro estádios da estratégia de criação de valor ICRA, no seu conjunto, cobrem o ciclo de vida de qualquer tipologia de sistema, seja este um produto, serviço, processo, ou outro. Além disso, essa estratégia, conforme se pode constatar na figura 2.15, incorpora as duas vertentes metodológicas do Seis Sigma, percorrendo também os três processos de gestão da qualidade que constituem a denominada Trilogia de Juran: planeamento da qualidade, controlo da qualidade e melhoria da qualidade. Deste modo, torna-se possível enquadrar as duas metodologias do Seis Sigma, fases, e respectivos mapas, na Trilogia de Juran (Godfrey e Kennett, 2007).

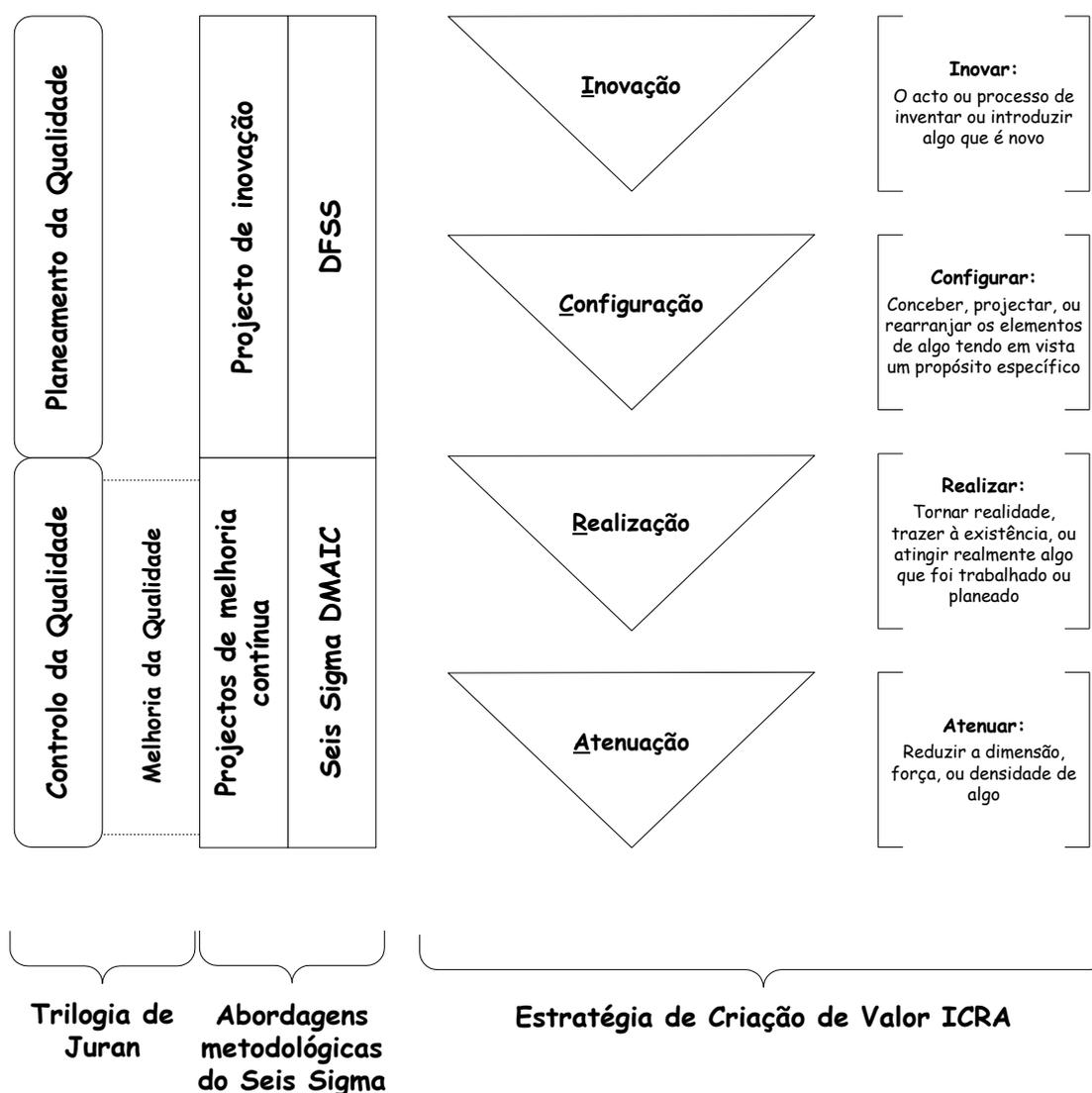


Figura 2.15 – Relação entre a estratégia de criação de valor ICRA, as metodologias Seis Sigma DMAIC e DFSS e a Trilogia de Juran.

2.5.4. Pós-projecto

Tipicamente, esta fase envolve a avaliação sobre a eficácia do projecto Seis Sigma realizado e uma reflexão acerca dos aspectos positivos e negativos que aconteceram no desenrolar do projecto (Anbari *et al.*, 2008). Tukul *et al.* (2008) sublinham a importância da fase pós-projecto por permitir a compilação e transferência de conhecimento e das lições aprendidas, resultantes da realização do projecto no seio da organização. Pyzdek (2003b) salienta o papel do pós-projecto na disseminação das melhores práticas, desenvolvidas no âmbito do projecto Seis Sigma, por outras unidades orgânicas da empresa. Segundo Bañuelas *et al.* (2006), a inclusão de uma avaliação pós-projecto é benéfica pelo facto de possibilitar:

- A redução da duração temporal de projectos Seis Sigma futuros, devido à possibilidade de partilha e transferência de informação já analisada e tratada.
- A identificação de novos potenciais projectos Seis Sigma a desenvolver.
- Um reconhecimento e partilha do sucesso alcançado.
- Um aumento de experiência na condução e gestão de projectos.

Alguns trabalhos adicionam, ao ciclo DMAIC, uma última fase que visa assegurar a transferência de conhecimento, lições aprendidas e melhores práticas para outras áreas da organização. É o caso do DMAICT (Bendell, 2006), em que a fase “T” significa “*Transfer*”, ou do DMAICR (Senapati, 2004), cuja fase “R” diz respeito a “*Reporting*”.

2.6. Seis Sigma como sistema de gestão

Ao nível mais elevado, o Seis Sigma é utilizado de forma integrada e articulada com as actividades de planeamento estratégico e de gestão dos processos organizacionais (Watson, 2004), englobando também as outras duas perspectivas do Seis Sigma: metodologia e métrica. Dado ser uma abordagem que trabalha em torno de factos e orientada para os resultados, o Seis Sigma pode auxiliar as lideranças das organizações no estabelecimento de objectivos e tomada de decisões de forma mais rigorosa (Smith *et al.*, 2002), funcionando como bússola na busca pela excelência organizacional (Klefsjö, 2001; Starbird, 2002).

Um sistema Seis Sigma, enquanto paradigma alargado de gestão, só pode ser implementado, desenvolvido, mantido e melhorado, de forma efectiva, se houver uma liderança forte e empenhada no mesmo (Brady e Allen, 2006). Segundo McCarty *et al.* (2004), numa perspectiva de sistema de gestão, o Seis Sigma apoia-se em quatro princípios fundamentais:

- Assenta num modelo de gestão dos processos do negócio (BPM – *Business Process Management*) que abrangem todos os níveis da estrutura organizacional.
- Utiliza um sistema de medição do desempenho eficaz, de modo a que as actividades de gestão tenham por base a análise e interpretação de dados factuais.
- Centra-se numa liderança visionária, inspiradora e orientada para os resultados, em que a equipa de líderes exerce as suas funções com elevados níveis éticos.
- Aplica um modelo alicerçado em equipas multi-disciplinares de projecto.

Para que a implementação de um sistema Seis Sigma seja eficaz, é contudo importante que um conjunto de factores críticos de sucesso esteja reunido (Jones *et al.*, 2010). De acordo com Antony e Bañuelas (2002), esses factores são os seguintes:

- 1) Envolvimento e comprometimento da gestão de topo.
- 2) Cultura organizacional receptiva à iniciativa.
- 3) Infraestrutura apropriada, de modo a assegurar os recursos e as condições necessárias à implementação e sustentação da iniciativa.

- 4) Formação, treino e qualificação da estrutura humana envolvida no programa Seis Sigma.
- 5) Capacidade e experiência na condução e gestão de projectos.
- 6) Efectivos processos de priorização, selecção, revisão e monitorização de projectos Seis Sigma.
- 7) Conhecimento e capacidade de sistematizar a utilização das metodologias Seis Sigma e de dominar as suas técnicas/ferramentas de apoio.
- 8) Estreita interligação entre a definição e execução dos projectos Seis Sigma e a estratégia organizacional.
- 9) Enfoque nas necessidades e expectativas presentes e futuras dos clientes.
- 10) Interligação entre o sistema Seis Sigma e a gestão de recursos humanos, nomeadamente no que diz respeito aos sistemas de incentivos e de reconhecimento.
- 11) Envolvimento dos fornecedores-chave no sistema Seis Sigma.

Um dos pilares fundamentais de um programa ou sistema Seis Sigma de uma organização assenta, portanto, no papel desempenhado pelos líderes e agentes da mudança, os quais estão inseridos numa estrutura humana, frequentemente denominada de estrutura “*belt*”, que se encontra perfeitamente organizada em torno de um conjunto de funções, cujos papéis e responsabilidades se encontram bem definidos. Embora não exista uma estrutura humana prescrita (McCarty *et al.*, 2004), esta, tipicamente, inclui as funções descritas no quadro 2.11, distribuídas e organizadas em torno de um organograma funcional, conforme se ilustra na figura 2.16. Para além das funções aí indicadas, há autores que adicionam outros intervenientes, nomeadamente as funções de *Yellow Belt* (Kwak e Anbari, 2006) e de *White Belt* (Park, 2003; Harry e Crawford, 2005).

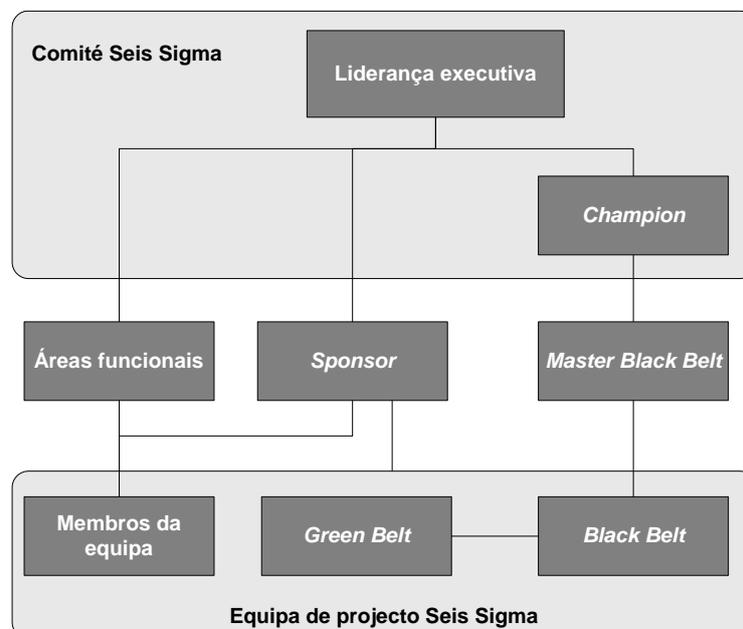


Figura 2.16 – Organização genérica de uma estrutura humana inerente a um sistema Seis Sigma (adaptado de: Ginn e Varner; Lunau *et al.*, 2008).

Quadro 2.11 – Papéis de responsabilidades das funções inerentes a um sistema Seis Sigma (adaptado de: Ginn e Varner; Lunau *et al.*, 2008).

Função	Principais papéis e responsabilidades
Liderança executiva	<ul style="list-style-type: none"> • Gestão de topo da organização. • Demonstrar envolvimento e comprometimento com a iniciativa. • Assegurar as condições para o sucesso da iniciativa. • Definir e comunicar a estratégia da organização. • Alinhar as actividades do sistema Seis Sigma com a estratégia organizacional.
<i>Champion</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Elemento(s) da gestão de topo, ou que reporta(m) directamente a esta. • Coordenar o programa Seis Sigma. • Identificar áreas-chave de mudança e melhoria na organização. • Seleccionar candidatos a <i>Black Belts</i> na organização. • Aprovar as Declarações de Projecto. • Avaliar e seleccionar potenciais projectos Seis Sigma. • Acompanhar o progresso dos projectos Seis Sigma e analisar os resultados alcançados no seu final.
<i>Sponsor</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Elemento responsável por uma determinada área funcional ou por um determinado processo organizacional. • Identificar potenciais projectos Seis Sigma nas suas esferas de responsabilidade. • Elaborar a Declaração de Projecto. • Remover barreiras e ser o facilitador da realização dos projectos Seis Sigma que abrangem as suas áreas e/ou processos. • Assegurar os recursos necessários à realização dos projectos Seis Sigma que abrangem as suas áreas e/ou processos. • Acompanhar e apoiar o progresso da equipa de projecto.
<i>Master Black Belt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Tutor técnico dos <i>Black Belt</i>. • Facilitar o sucesso da equipa de projecto. • Fornecer suporte técnico num leque muito vasto de técnicas e ferramentas matemáticas, estatísticas, conceptuais e qualitativas. • Analisar necessidades de treino e formação e propor acções específicas. • Apoiar a identificação de potenciais projectos Seis Sigma.
<i>Black Belt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Liderar tecnicamente um projecto Seis Sigma e funcionar como agente de mudança. • Trabalhar em dedicação exclusiva e a tempo inteiro num projecto Seis Sigma específico. • Ajudar a refinar e a clarificar o âmbito dos projectos Seis Sigma. • Responsabilizar-se pelo planeamento e progresso do projecto. • Desenvolver, actualizar e gerir todos os planos do projecto. • Comunicar com a equipa e o <i>Sponsor</i> do projecto.
<i>Green Belt</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Trabalhar a tempo parcial num projecto Seis Sigma. • Responsabilizar-se, em conjunto com o <i>Black Belt</i>, pela gestão do projecto e respectiva documentação. • Auxiliar os <i>Black Belt</i> nos projectos Seis Sigma que decorram nas áreas funcionais a que pertençam. • Liderar projectos Seis Sigma de âmbito técnico mais simples e que decorram nas áreas funcionais a que pertençam.
Membros de equipa	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuir com o seu conhecimento e experiência, relativos a uma dada área de conhecimento importante para o âmbito do projecto Seis Sigma. • Colaborar nas actividades do projecto, assumindo papéis e responsabilidades que lhes forem atribuídas.

Conforme se constata no quadro 2.12, a terminologia usada para designar as diferentes funções envolvidas na estrutura humana do Seis Sigma nem sempre é consensual na literatura. Além disso, há autores que propõem mais ou menos funções numa estrutura humana do sistema Seis Sigma. Por exemplo, Brue e Howes (2006) não incluem a figura do *Sponsor*, ao passo que McCarty *et al.* (2004) repartem essa mesma função em *Project Sponsor* (responsável por uma área funcional da organização) e *Process Owner* (gestor ou dono de um processo-chave).

Quadro 2.12 – Diferenças de terminologia utilizada para designar as diferentes funções da estrutura humana de um sistema Seis Sigma.

Função	Pyzdek (2003a)	McCarty <i>et al.</i> (2004)	Lunau <i>et al.</i> (2008)	Kubiak e Benbow (2009)
Liderança executiva	Liderança	<i>Sponsor</i>	Gestão de topo	Liderança executiva
<i>Champion</i>	<i>Champion</i>	<i>Champion</i>	<i>Deployment Champion</i>	<i>Champion</i>
<i>Sponsor</i>	<i>Sponsor</i>	<i>Process Owner</i>	<i>Project Sponsor e Process Owner</i>	<i>Process Owner</i>
<i>Master Black Belt</i>	<i>Master Black Belt</i>	<i>Master Black Belt</i>	<i>Master Black Belt</i>	<i>Master Black Belt</i>
<i>Black Belt</i>	<i>Black Belt</i>	<i>Black Belt</i>	<i>Black Belt</i>	<i>Black Belt</i>
<i>Green Belt</i>	<i>Green Belt</i>	<i>Green Belt</i>	<i>Green Belt</i>	<i>Green Belt</i>
Membros de equipa	Membros da equipa	Membros da equipa	Membros da equipa	Membros da equipa

Um crescente número de organizações, seja por questões competitivas, pelo facto de pretenderem melhorar as suas práticas de gestão, ou ainda por ambicionarem um maior reconhecimento e imagem externa, tem vindo a adoptar sistemas de gestão com base em referenciais normativos, como é o caso, entre outros, da norma ISO 9001. Deste fenómeno resulta o facto de que a implementação bem sucedida de um programa Seis Sigma depende, em larga medida, do quão efectivamente uma organização consegue integrá-lo com o sistema de gestão da qualidade em vigor (Pfeifer *et al.*, 2004). Segundo Wessel e Burcher (2004), a necessidade de articular o sistema Seis Sigma com um sistema de gestão da qualidade assente no referencial ISO 9001 é ainda mais premente numa pequena ou média empresa. Relativamente ao aprofundamento desta temática, são de destacar os trabalhos de Pfeifer *et al.* (2004), Lupan *et al.* (2005) e Bewoor e Pawar (2010), onde modelos de integração são propostos, mas onde, no entanto, o estabelecimento de relações ou sinergias com as cláusulas e subcláusulas da ISO 9001 é inexistente ou diminuta.

Enquanto sistema alargado de gestão, a efectiva integração do Seis Sigma com qualquer tipo de referencial ou modelo de gestão, não somente com sistemas de gestão da qualidade, é um requisito fundamental. A experiência acumulada tem revelado que as organizações que melhor tiram partido dos benefícios resultantes da iniciativa Seis Sigma são aquelas que são capazes de a integrar com os sistemas de gestão e outras abordagens em vigor na organização (Chakravorty, 2009).

Na verdade, uma das áreas de investigação, que tem assumido uma relevância significativa, diz respeito ao desenvolvimento de soluções que facilitem a integração do Seis Sigma com outras

abordagens de gestão e iniciativas da qualidade (Hoerl, 2004; Nonthaleerak e Hendry, 2006; Antony *et al.*, 2006; Kwak e Anbari, 2006; Kumar *et al.*, 2008; Aboelmaged, 2010). Neste campo, destacam-se os trabalhos relativos à combinação do Seis Sigma com os princípios e metodologias associados à gestão *Lean*, um fenómeno conhecido por *Lean Six Sigma* (George, 2002; Arnheiter e Maleyeff, 2005; Dahlgard e Dahlgard-Park, 2006; Snee, 2010). Embora em menor escala, e normalmente de forma conceptual e pouco aprofundada, são de destacar as seguintes propostas de soluções com vista a integrar o Seis Sigma com:

- Sistemas de gestão ambiental com base na norma ISO 14001 (Marsh, 2009), e de gestão da segurança de acordo com o referencial OHSAS 18001 (Franz, 2009).
- Modelos de excelência da EFQM (Thawani, 2004; Sokovic *et al.* 2010; Campatelli, 2011) e norte-americano do MBNQA (Gupta, 2004; Yang e Hsieh, 2009; Salah *et al.*, 2010).
- Infraestrutura ITIL para as melhores práticas de gestão dos serviços de tecnologias de informação, destacando-se as soluções integração para a ITILv3 (Chan *et al.*, 2010).
- *Balanced Scorecard* (Andersen *et al.*, 2004; Gupta, 2004).
- Teoria das Restrições (TOC – *Theory of Constraints*), destacando-se os mecanismos de integração propostos por Ehie e Sheu (2005) e Nave (2002).

2.7. Conclusões

Este capítulo contemplou uma ampla e completa revisão bibliográfica relativamente aos conceitos, perspectivas e abordagens mais relevantes em torno da temática do Seis Sigma. Destaca-se, em particular, a discussão dos seguintes tópicos:

- Descrição das origens e evolução do fenómeno do Seis Sigma e seu enquadramento no desenvolvimento da disciplina da qualidade.
- Identificação dos principais padrões evolutivos e das linhas de investigação emergentes mais significativas, relativamente à temática do Seis Sigma.
- Compilação das diferentes, mas complementares, definições e perspectivas que compõem o conceito de “Seis Sigma”.
- Enumeração dos princípios e assunções por detrás do conceito estatístico do Seis Sigma, e apresentação das métricas mais importantes para estimar o desempenho de um determinado sistema de interesse.
- Descrição detalhada das abordagens metodológicas utilizadas em projectos Seis Sigma, seus objectivos, semelhanças, diferenças e complementaridades.
- Caracterização do Seis Sigma, enquanto sistema de gestão.

Relativamente aos tópicos referidos, as principais conclusões a retirar podem ser resumidas do seguinte modo:

- O Seis Sigma, que surgiu como uma metodologia para assegurar elevados padrões de qualidade, vocacionada para ajudar as organizações a melhorar substancialmente os níveis de desempenho dos seus processos, minimizando, desse modo, a possibilidade de ocorrerem erros ou defeitos nos seus produtos ou serviços, tem progredido no sentido de, cada vez mais, se tornar um completo sistema de gestão orientado para a excelência do negócio, criação de valor para os clientes e outras partes interessadas e para a sustentabilidade dos resultados alcançados.
- As linhas evolutivas que se têm testemunhado em relação à temática do Seis Sigma são idênticas àquelas que, num período temporal idêntico, se têm observado relativamente ao movimento da gestão pela qualidade total. Essa evolução tem-se assim pautado por uma cada vez maior e ambiciosa transversalidade a outras áreas do conhecimento (e.g. *marketing*, desenvolvimento de produtos, entre outras), em particular da gestão (gestão estratégica, gestão da inovação, gestão ambiental, entre outras), abrangendo todas as formas de ser e estar de uma organização, isto é, todos os processos e actividades que constituam factores críticos para o negócio.
- Em consequência da evolução que sofreu, o número de aspectos usados para caracterizar o conceito de “Seis Sigma” tem-se tornando cada vez maior. Para além de fornecer um vasto leque de definições, a literatura da especialidade utiliza múltiplos termos, tais como “meta de desempenho”, “métrica”, “estatística”, “metodologia”, “estratégia de melhoria”, “filosofia de trabalho”, “sistema de gestão”, “programa”, entre outros, para se referirem ao Seis Sigma. Vários autores sugerem que os princípios e conjunto de aspectos que moldam o conceito de Seis Sigma devem ser condensados em torno de três perspectivas diferentes, mas que se complementam: Seis Sigma como métrica, metodologia e sistema de gestão. A perspectiva de sistema de gestão é a de maior abrangência, contendo as outras duas perspectivas.
- Enquanto métrica, o Seis Sigma significa que a probabilidade de o resultado de um processo não ser capaz de cumprir todos os requisitos críticos a ele aplicáveis é praticamente nula. No pior dos cenários, um processo, produto ou serviço, com tais níveis de desempenho produzirá no máximo 3,4 defeitos, ou não conformidades, por cada milhão de possibilidades de esses defeitos ocorrerem. O Seis Sigma disponibiliza um poderoso conjunto de métricas que permitem determinar o desempenho de um qualquer processo, independentemente do seu número de características críticas para a qualidade (CTQCs) e do tipo de variáveis (contínuas ou discretas) usadas para as medir. As métricas Seis Sigma apresentadas, que foram devidamente categorizadas, estão relacionadas com indicadores que permitem aferir acerca da capacidade e do rendimento dos processos. Quando o enfoque for na eficiência de desempenho, a utilização de métricas, oriundas da abordagem *Lean Management*, será a opção mais acertada.
- Enquanto metodologia, o Seis Sigma é uma abordagem disciplinada, baseada em factos, que promove a melhoria dos resultados organizacionais, através de uma abordagem projecto a projecto. Não apenas a fase de realização de um projecto Seis Sigma é importante, como todas as fases que compõem o ciclo de vida dos projectos Seis Sigma são relevantes. Esse ciclo de vida compreende a identificação de potenciais projectos, sua avaliação e selecção

dos mais promissores, planeamento e realização dos projectos seleccionados, terminando com a avaliação ao sucesso do projecto e as reflexões inerentes ao pós-projecto. Existem duas abordagens fundamentais para a condução de um projecto Seis Sigma. A primeira, mais utilizada, envolve esforços de melhoria contínua e decorre ao longo de cinco fases inscritas no ciclo ou mapa DMAIC. A segunda, incorpora ciclos de concepção e desenvolvimento e, portanto, de inovação, sendo os projectos executados ao longo de um mapa metodológico de DFSS. Independentemente do mapa utilizado para desenvolver um projecto Seis Sigma, existem revisões formais intermédias, entre cada transição de fase, para avaliar o ponto de situação do projecto, efectuar quaisquer ajustes necessários e planear em detalhe a fase seguinte. As duas abordagens metodológicas referidas podem ser articuladas, através da estratégia ICRA, com o objectivo de sistematizar a criação de valor para o negócio, para os clientes, e para outras partes interessadas relevantes.

- Um sistema Seis Sigma, visto enquanto paradigma alargado de gestão, só pode ser implementado, desenvolvido, mantido e melhorado, de forma efectiva, se houver uma liderança forte e empenhada em que assim seja de facto. Para além do envolvimento e comprometimento da gestão, outros factores críticos de sucesso para a implementação de um programa Seis Sigma numa organização são referidos na literatura. Entre outros, constam a adequação da infra-estrutura e condições organizacionais, a disponibilidade de recursos, a interligação entre as actividades de gestão estratégica e o programa Seis Sigma, ou ainda a extensão do programa aos fornecedores-chave de bens e serviços. A implementação alargada de um sistema Seis Sigma pressupõe a existência de uma estrutura formal de recursos humanos, com funções, responsabilidades e níveis de competências definidos e comunicados. Outro vector fundamental do Seis Sigma, na perspectiva de sistema de gestão, é a sua integração com outros referenciais de gestão em vigor, ou a implementar, na organização. Destacam-se, neste domínio, a articulação com o *Lean Management* e os sistemas de gestão da qualidade assentes no referencial normativo ISO 9001.

Com base na revisão bibliográfica efectuada e nas conclusões acima enumeradas, identificam-se de seguida as principais lacunas da literatura relativamente à temática do Seis Sigma:

- Apenas uma parcela muito pequena da literatura consultada tem como âmbito principal o Seis Sigma na perspectiva de sistema de gestão, nomeadamente a nível da sua integração com referenciais de gestão.
- Em particular, verifica-se haver uma carência na existência de modelos e/ou linhas de orientação que guiem as organizações no desenvolvimento, implementação e manutenção de um programa Seis Sigma em estreita articulação com o seu sistema de gestão, o qual pode ser composto por um ou mais referenciais de gestão.
- Nas abordagens existentes para integrar o Seis Sigma com referenciais normativos de gestão não são normalmente estabelecidas quaisquer relações com as cláusulas e subcláusulas desses referenciais.
- Particularizando para o referencial ISO 9001, contendo os requisitos para sistemas de gestão da qualidade, e dada a relevância do mesmo, constata-se que, embora esteja disponível

literatura contendo várias linhas de orientação para articular o cumprimento de vários desses requisitos com a perspectiva metodológica do Seis Sigma, as actuais publicações ainda não respondem a questões tão importantes como as seguintes: (1) Como enquadrar a utilização dos mapas metodológicos de DFSS, como o IDOV e o DMADV, no seio da cláusula 7.3 sobre concepção e desenvolvimento? (2) Que papel podem desempenhar as diferentes técnicas e ferramentas, habitualmente usadas em projectos Seis Sigma, no cumprimento dos requisitos da norma e na efectivação do princípio da tomada de decisões baseadas em factos? (3) Que sinergias existem e podem ser exploradas, entre o Seis Sigma e as diferentes cláusulas e subcláusulas da ISO 9001? (4) Em que medida é possível estabelecer soluções de integração aplicáveis a todas as fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma?

- Da revisão bibliográfica ficou patente que a literatura existente carece de estudos de investigação, sólidos e aprofundados, relativos ao desenvolvimento de modelos e/ou linhas de orientação para integrar o Seis Sigma com outros referenciais normativos de gestão relevantes, para além da ISO 9001, como sejam os referentes a sistemas de gestão ambiental (ISO 14001) e da saúde e segurança no trabalho (OHSAS 18001), entre outros eventuais.
- Na perspectiva metodológica do Seis Sigma, embora existam trabalhos publicados que analisam as semelhanças, diferenças e potenciais sinergias entre a metodologia de melhoria contínua, baseada no ciclo DMAIC, e uma abordagem de DFSS, sendo que alguns deles inclusivamente discutem critérios e propõem métodos que auxiliem as equipas de projecto na escolha da melhor vertente metodológica, subsistem algumas questões pertinentes à qual não se conseguiu ainda encontrar resposta na literatura consultada: (1) Quais os pontos de decisão críticos, ao longo das fases que compõem o ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, na escolha da melhor abordagem metodológica em que deve assentar determinado projecto, ou potencial projecto Seis Sigma? (2) Que critérios devem ser considerados nessa tomada de decisão? (3) Se a abordagem escolhida for de DFSS, qual o mapa metodológico mais indicado? (4) Que sinergias entre o Seis Sigma DMAIC e o DFSS podem ser exploradas, no caso de, no decorrer de um projecto e sem comprometer o trabalho até aí efectuado, ser necessário transitar de um mapa metodológico para outro?

No capítulo 3, a identificação de lacunas na literatura será particularizada para a abordagem metodológica de Projecto para Seis Sigma (DFSS).

CAPÍTULO 3

Projecto para Seis Sigma (DFSS)

3.1. Introdução

Neste capítulo faz-se um levantamento do estado da arte acerca da abordagem de Projecto para Seis Sigma (DFSS – *Design for Six Sigma*). São apresentados os principais conceitos, fundamentos, definições e terminologia associados a este tema, são identificadas, analisadas e comparadas as principais metodologias de DFSS propostas até à data, e são discutidas as suas semelhanças, diferenças e sinergias relativamente à abordagem tradicional do Seis Sigma, assente no ciclo DMAIC.

A globalização dos negócios tem colocado uma crescente pressão nas organizações que, para manterem uma posição competitiva nos mercados, a médio e longo prazos, necessitam, cada vez mais, de sistematizar as suas estratégias de inovação e crescimento, através de uma aposta contínua no desenvolvimento de novos produtos e serviços. Esta realidade tem feito suscitar um interesse, cada vez maior, pela vertente de inovação do Seis Sigma, o DFSS, que abarca ciclos de concepção e desenvolvimento de produtos, serviços e processos.

Conforme foi descrito no capítulo anterior, o Seis Sigma pode ser enquadrado em três perspectivas: métrica, metodologia e sistema de gestão. O DFSS insere-se na segunda dessas perspectivas, conforme se pode ver na figura 3.1. Ao contrário daquilo que sucede com a metodologia de melhoria contínua, frequentemente conhecida por Seis Sigma DMAIC² (Snee e Hoerl, 2003; Stamatis, 2003; McCarty *et al.*, 2004; El-Haik e Roy, 2005; Bendell, 2005; Bremer *et al.*, 2006; Hambleton, 2007; Shahin, 2008; Montgomery e Woodall, 2008; Brad, 2010), ainda não existe um mapa metodológico, que seja consensual, para levar a cabo a realização de projectos Seis Sigma do tipo DFSS. De qualquer modo, e independentemente do mapa utilizado, uma metodologia de DFSS inspira-se no processo geral de concepção e desenvolvimento, sendo constituída por uma sequência de actividades, organizadas em torno de fases bem definidas, e onde um conjunto de técnicas e ferramentas são criteriosamente usadas para a tomada de decisões. Esse leque de técnicas e ferramentas, não obstante as semelhanças, apresenta algumas diferenças relativamente àquele que é normalmente aplicado em projectos Seis Sigma de melhoria contínua, através do DMAIC.

² Vários autores preferem usar o termo “Seis Sigma DMAIC” ou apenas “DMAIC”, em vez de “Seis Sigma”, pelo facto de pretenderem distinguir, de forma clara e não ambígua, quando estão a referir-se especificamente à abordagem de melhoria contínua ou quando estão a fazer menção ao Seis Sigma enquanto metodologia em geral, a qual também inclui o DFSS.

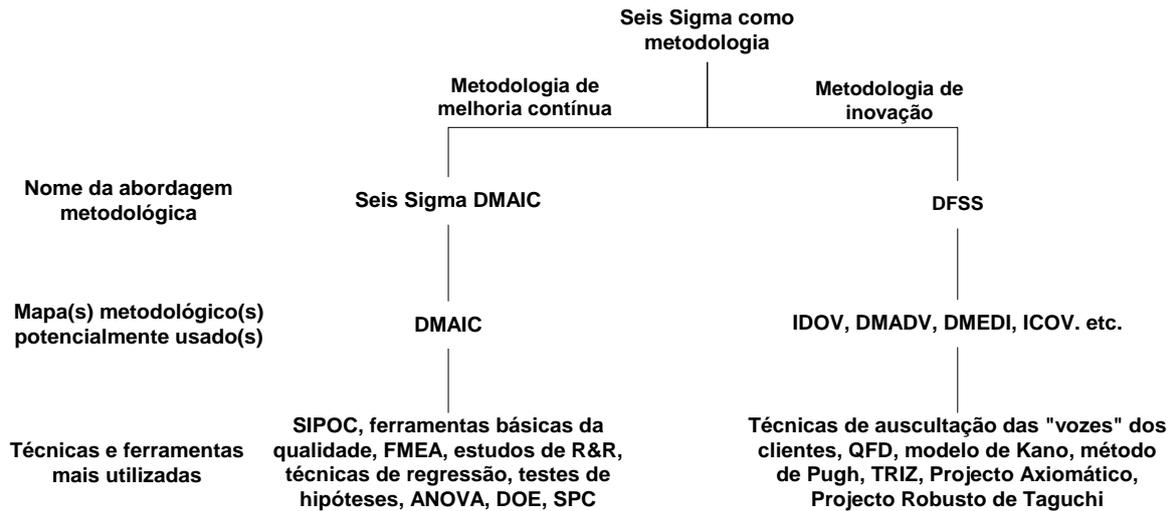


Figura 3.1 – Enquadramento das abordagens metodológicas do Seis Sigma adoptado nesta tese.

Provavelmente, pelo facto de ser uma abordagem ainda relativamente recente, as metodologias de DFSS que têm sido propostas, são aparentemente muito diferentes umas das outras. Este facto, que tem sido constatado por vários profissionais na área, é um factor de complexidade que constitui um obstáculo real à realização de projectos de DFSS nas organizações, mesmo naquelas que já possuem programas Seis Sigma. Deste modo, é fundamental analisar, compreender e comparar as diversas metodologias de DFSS, de modo a identificar diferenças, mas também encontrar pontos comuns ou convergentes entre elas. Tal análise poderá constituir uma base importante para que a metodologia de DFSS, a propor nesta tese, possa contribuir para uniformizar as práticas vigentes.

Havendo já um volume interessante de literatura em torno do DFSS, será verificado até que ponto já existe uma metodologia sistemática que permita adaptar os projectos de DFSS a diferentes tipos e níveis de inovação, bem como a situações de variedade de produto/serviço. O tipo de inovação está relacionado com a morfologia, ou natureza, do sistema de interesse a conceber e a desenvolver; o nível de inovação prende-se com o grau de novidade do conceito associado a esse sistema, isto é, o seu nível de maturidade conceptual; a variedade tem a ver, não só com casos em que se pretenda desenvolver mais do que um produto/serviço, pertencentes a uma mesma família, mas também, com situações em que os requisitos funcionais a satisfazer por esse sistema, ao longo do seu tempo útil de vida, podem sofrer alterações, por vezes até imprevisíveis. Esta análise permitirá aferir sobre a necessidade de dotar a metodologia de DFSS, a propor na tese, dos mecanismos necessários para que possa ser utilizada em qualquer combinação de morfologia, maturidade e variedade.

Alguns dos principais conceitos, definições e terminologia associados a uma metodologia de DFSS e que têm particular importância no enquadramento desta tese serão explorados ao longo deste capítulo. Serão também descritas várias das actividades que têm lugar ao longo de um processo de concepção e desenvolvimento, e que necessitam de ser enquadradas num contexto de DFSS. Algumas dessas actividades são executadas durante a fase de decomposição de funções, requisitos e elementos de solução, que ocorre até que se consiga descrever na totalidade, e em suficiente grau de detalhe, a arquitectura do sistema de interesse. O processo de decomposição, conforme se verá, desempenha um papel central na metodologia proposta nesta tese.

Por vezes, não é evidente a abordagem metodológica que um determinado projecto Seis Sigma deve seguir. Se é verdade que quando o objectivo passa por criar um produto, serviço ou processo completamente novo, não haverá muitas dúvidas que o projecto seguirá uma vertente de inovação assente no DFSS; já em situações em que esse sistema existe, poderá colocar-se a questão sobre se será preferível melhorar esse sistema ou se, em vez disso, será mais adequado proceder à sua reconcepção. Nessa segunda situação, é necessário decidir se o projecto Seis Sigma deve ser executado de acordo com a metodologia de melhoria contínua, utilizando o ciclo/mapa DMAIC, ou se deve ser realizado de acordo com um mapa (e.g. DMADV, IDOV, ou outro) de DFSS.

3.2. Origens, evolução e enquadramento do DFSS

De acordo com Brue e Launsby (2003), os princípios que alicerçam o Projecto para Seis Sigma (DFSS – *Design for Six Sigma*) têm origem na Engenharia de Sistemas, um ramo da engenharia que emergiu no final da década de 1950. e cujos princípios, boas práticas e métodos a ele subjacentes evoluíram, em grande parte, no seio do Departamento de Defesa dos Estados Unidos, da Agência Espacial Norte-Americana (NASA) e na companhia de comunicações AT&T. A Engenharia de Sistemas é um processo interdisciplinar que procura desenvolver, de forma integrada e equilibrada, um conjunto de soluções para o sistema, assegurando que todas as necessidades dos clientes serão satisfeitas durante a totalidade do ciclo de vida desse sistema (U.S. Department of Defense, 2001).

Gupta (2001) e Creveling *et al.* (2003) recordam os esforços encetados pela *Motorola* para assegurar Níveis Sigma de capacidade iguais a 6, em todos os seus novos produtos. Antony (2002) lembra também as dificuldades encontradas pela companhia para obter acréscimos de melhoria, a custos compensatórios, à medida que os valores do Nível Sigma se aproximavam de 5. Autores, como Harry e Schroeder (2000) e Watson (2004), justificam essa situação com o facto de, na maioria dos casos, os processos produtivos não terem sido desenhados para assegurarem níveis de capacidade tão elevados. Para Berryman (2002) e Chowdhury (2003), em tais circunstâncias, a forma mais eficaz e economicamente viável de contornar o problema passa por reconfigurar esses processos. Este facto constituiu uma das razões que levou, em 1997, o grupo *General Electric* a criar uma nova abordagem metodológica de Seis Sigma, que designou por Projecto para Seis Sigma (DFSS – *Design for Six Sigma*), para aplicar aos seus projectos de reengenharia de processos (Snee e Hoerl, 2003).

A metodologia de DFSS, assente no mapa DMADV, foi também nessa altura adoptada como processo de referência para a investigação, concepção e desenvolvimento de novos produtos e tecnologias no seio de várias empresas do grupo *GE* (Snee e Hoerl, 2003). De ente as primeiras aplicações de DFSS neste campo, salienta-se o sucesso alcançado com a introdução de um novo equipamento de tomografia computadorizada, o *LightSpeed CT Scanner*, pela *GE Medical Systems* (Park, 2003) e um conjunto de inovações nas turbinas a gás da *GE Power Systems* (Creveling *et al.*, 2003).

A globalização dos mercados, as rápidas mudanças sociais e culturais a que se tem assistido, a extraordinária evolução das tecnologias de informação e comunicação, entre outros fenómenos, ditaram uma crescente necessidade de as organizações adoptarem instrumentos que lhes permitam,

não só melhorar continuamente a eficácia e eficiência dos seus processos, aumentando a qualidade e reduzindo custos, mas também encurtar o tempo de introdução de novos e diferenciados produtos, capazes de satisfazer melhor as necessidades e expectativas dos clientes do que os dos seus concorrentes (Wilson, 2005). Sendo o DFSS um desses instrumentos, um número cada vez maior de organizações, em especial aquelas com programas Seis Sigma vigentes, optaram por adaptar a metodologia oriunda da *GE* integrando-a nos seus processos de concepção e desenvolvimento ou, como ocorreu em vários casos, por desenvolver os seus próprios mapas metodológicos de DFSS.

Um levantamento aprofundado da literatura permitiu-nos identificar organizações que, para além da *GE*, utilizam, ou já usaram, mapas de DFSS como processo de concepção e desenvolvimento de novos, ou substancialmente melhorados, produtos, serviços e/ou processos. Destacam-se, entre outras, a *DOW Chemical* (Buss e Ivey, 2001), *Delphi Automotive* (Treichler *et al.*, 2002), *Telefonica* (De Feo e Bar-El, 2002), *Samsung DSI* (Creveling *et al.*, 2003), *Bombardier* (Drolet, 2003), *Boeing* (Vasilash, 2003), *Caterpillar* (Chowdhury, 2003), *LG Electronics* (Park, 2003), *Ford Motor Company* (Soderborg, 2004), *Raytheon* (Blair e McKenzie, 2004), *FIAT Auto* (Arcidiacono *et al.*, 2006), *DuPont* (Harry e Linsenmann, 2006), *General Motors* (Biondo e Griffin, 2007), *3M* (Hindo, 2007), *Motorola* (Narayanan e Khoh, 2008), *Philips Electronics* (Shenvi, 2008) e a *SKF* (Hasenkamp e Ölme, 2008).

As primeiras aplicações de DFSS tiveram lugar nos sectores industriais (Yang, 2005a); contudo, e à semelhança do que sucedeu com a vertente de melhoria contínua do Seis Sigma, rapidamente se estenderam, ao longo da última década, a outras áreas de actividade (Watson e DeYong, 2010). Esse fenómeno pode ser confirmado, por exemplo, com o conjunto de publicações sobre a temática dirigidas para sectores de actividade específicos, conforme mostra o quadro 3.1, ou pela diversidade de casos de estudo relativos a diferentes aplicações de projectos de DFSS, como indica o quadro 3.2.

Quadro 3.1 – Literatura propondo metodologias de DFSS dirigidas para áreas ou sectores de actividade específicos.

Referência	Âmbito da(s) metodologia(s) de DFSS propostas
Shina (2002)	<ul style="list-style-type: none"> • Produtos electrónicos.
Creveling <i>et al.</i> (2003)	<ul style="list-style-type: none"> • I&D de tecnologia. • Produtos tangíveis.
Goel e Gupta (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • Serviços e áreas transaccionais.
El-Haik e Roy (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • Serviços e áreas transaccionais. • Cadeias logísticas ou de abastecimento.
Yang (2005a)	<ul style="list-style-type: none"> • Serviços e áreas transaccionais.
Gitlow <i>et al.</i> (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Serviços e áreas transaccionais.
Den Boer <i>et al.</i> (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Serviços de tecnologias de informação.
Creveling (2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Processos técnicos e de engenharia.
El-Haik e Mekki (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas e instrumentos médicos.
Maass e McNair (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Software</i>. • Produtos de alta-tecnologia. • Produtos associados às tecnologias de informação e comunicação.
Shenvi (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Software</i>.
El-Haik e Shaout (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Software</i>.

Quadro 3.2 – Literatura descrevendo casos de estudo relativos a aplicações de DFSS.

Referência	Âmbito do projecto de DFSS descrito
Buss e Ivey (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • Redesenho do processo de carregamento e expedição de vagões ferroviários, de modo a permitir um aumento significativo na capacidade de produção de produtos químicos, minimizando os custos incorridos.
Vandervort e Kudlacik (2001)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepção e desenvolvimento de um novo modelo de gerador de turbina.
Drolet (2003)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepção e desenvolvimento de um novo tipo de <i>flap</i> com incorporação de tecnologia RTM.
Sokovic <i>et al.</i> (2005)	<ul style="list-style-type: none"> • Redesenho do processo de maquinação de compressores para turbinas.
Gitlow <i>et al.</i> (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepção e desenvolvimento de um curso de formação e certificação em Seis Sigma.
Gerhorst <i>et al.</i> (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Reconcepção de colectores de escape.
Tieming e Shaffer (2006)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepção e desenvolvimento de um novo dispositivo de punção para problemas de diabetes.
Franza e Chakravorty (2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepção e desenvolvimento de um novo tipo de sistema de auto-fixação ao solo de cadeiras de rodas.
Shenvi (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Desenvolvimento de software incorporado em leitor/gravador de DVD e de outros formatos.
El-Haik e Mekki (2008)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepção e desenvolvimento de um dispositivo médico (misturador e doseador automático).
Kaplan <i>et al.</i> (2009)	<ul style="list-style-type: none"> • Desenho de um processo de vacinação contra a gripe no seio do sistema de medicina no trabalho.
Rivera <i>et al.</i> (2010)	<ul style="list-style-type: none"> • Concepção e desenvolvimento de um novo tipo de injector directo.

A evolução do Seis Sigma tem sido feita em paralelo com a da gestão e engenharia da qualidade (Smith, 2001). Ambas têm percorrido uma trajectória idêntica, caracterizada pelos seguintes aspectos:

- Maior transversalidade, envolvendo todos os níveis e funções de uma organização.
- Atitude mais proactiva, revelada ao nível da prevenção da ocorrência de problemas e de outros cenários negativos, e da busca continuada e sistemática pela procura e aproveitamento de oportunidades de melhoria e de inovação.
- Crescente importância atribuída às fases iniciais do ciclo de vida dos produtos, serviços, processos.
- Alargamento do conceito de cliente, de modo a incluir a noção de “cliente interno” e a de “partes interessadas” (e.g. fornecedores, parceiros, accionistas, reguladores, entre outros).
- Focalização reforçada nas necessidades e expectativas, actuais e futuras, dos clientes e de outras partes interessadas relevantes.
- Preocupação em assegurar um adequado alinhamento das acções e iniciativas de melhoria com os objectivos e necessidades do negócio.
- Maior orientação para os resultados organizacionais e sustentabilidade destes.

As tendências evolutivas indicadas têm sido progressivas e resultam da necessidade de procurar dar resposta aos novos e mais complexos contextos sociais, geo-económicos e concorrenciais, entre outros, causados por fenómenos, como é o caso da globalização. Tal realidade tem imposto uma concentração de esforços nas actividades de planeamento da qualidade, onde se inclui a concepção e desenvolvimento de novos produtos e o desenho de mais eficientes e ágeis processos por parte das organizações. O surgimento e rápido protagonismo assumido pela abordagem de DFSS na esfera do Seis Sigma vão ao encontro da mesma linha evolutiva. Para Godfrey e Kennett (2007), De Mast (2007) e Lunau *et al.* (2009), o DFSS é a sequência dos princípios e metodologias inerentes ao planeamento da qualidade postulado na Trilogia de Juran.

Paralelamente, tem-se assistido a uma convergência de princípios, práticas e de técnicas/ferramentas entre as áreas da qualidade e inovação (Saraiva e D'Orey, 1999). Estes factos têm ditado uma crescente convergência entre os dois conceitos (Pereira, 2006). Segundo Watson (2004), Cook (2005) e Belair e O'Neill (2007), o Seis Sigma, em particular a abordagem de DFSS, fornece os processos e mecanismos necessários para as organizações ganharem eficácia nas suas apostas de inovação.

Mais recentemente, têm aparecido propostas no sentido de incorporar um conjunto de princípios, práticas e técnicas/ferramentas oriundos da abordagem *Lean Design* no DFSS. De acordo com Sorli e Stokic (2009), o *Lean Design* tem como objectivo prevenir a ocorrência de factores de desperdício no funcionamento/operação de produtos, serviços e processos, ao longo do seu ciclo de vida. O ciclo de vida tem início com a idealização desse produto, serviço ou processo e termina com o seu desmantelamento ou obsolescência (Huthwaite, 2007). Jugulum e Samuel (2008) esclarecem que a aplicação do *Lean Design* pode ser feita em dois domínios:

- 1) Aplicação dos princípios oriundos do *Lean Management* ao aumento da eficiência do processo de concepção e desenvolvimento, reduzindo o tempo de introdução de novos produtos e serviços.
- 2) Proactivamente, concebendo e desenvolvendo produtos, serviços e processos de modo a minimizar a ocorrência de desperdícios em todos os estádios do seu ciclo de vida.

A integração do *Lean Design* com o DFSS é conhecida por *Design for Lean Six Sigma* e tem sido explorada por autores como Arthur (2006), Thomas e Singh (2006), Chang e Su (2007), Jugulum e Samuel (2008), Lunau *et al.* (2009) e Yang e Cai (2009).

3.3. Definições e conceitos inerentes ao DFSS

Esta secção apresenta e discute, com base numa cuidada revisão da literatura, um conjunto de definições e conceitos importantes numa abordagem de DFSS, que merecem destaque no contexto desta tese. As definições contemplam diferentes, mas complementares, perspectivas e são representativas do conjunto de princípios fundadores desta vertente metodológica do sistema Seis Sigma. São, posteriormente, revistos em profundidade alguns dos conceitos mais importantes numa metodologia de DFSS, que merecem relevância no contexto desta tese.

3.3.1. Definições, fundamentos e princípios do DFSS

Desde o seu início, que a metodologia de DFSS tem dado azo a várias interpretações, tendo sido produzidas inúmeras definições na literatura (Watson e DeYong, 2010). Segundo Yang e El-Haik (2003), essa situação ocorre pelo facto de os princípios que alicerçam o conceito de DFSS terem origem em diversas áreas do conhecimento, que têm percepções e entendimentos diferentes sobre o tema. De forma a melhor caracterizar o conceito e os diferentes elementos que o compõem, indicam-se, de seguida, várias das definições encontradas na literatura para o DFSS:

- Constitui um aperfeiçoamento do processo de desenvolvimento de novos produtos (NPD – *New Product Development*), fornecendo uma estrutura mais clara para o processo e uma forma mais eficaz para gerir os recursos, tomar decisões e produzir os resultados pretendidos ao longo desse processo (Mader, 2002).
- É uma abordagem poderosa para projectar, de forma simples e eficiente, produtos, serviços e processos que atendam às necessidades e expectativas dos clientes, ao mesmo tempo que os custos de qualidade são reduzidos (Antony, 2002).
- É a componente do Seis Sigma utilizada na área de concepção e desenvolvimento de uma organização (Park, 2003).
- O seu objectivo fundamental é o de projectar, bem e à primeira, o produto, serviço ou processo, pela prevenção de vulnerabilidades conceptuais e operacionais (Yang e El-Haik, 2003).
- É um processo para definir, projectar e introduzir produtos, serviços e processos inovadores que forneçam, de forma competitiva, valor que seja atractivo para os clientes, de modo a que sejam satisfeitas todas as CTQCs associadas às funções significativas (Watson, 2005).
- É um método usado em projectos Seis Sigma para inventar e inovar produtos, serviços e processos, que: (1) se baseiem nos requisitos dos clientes e de outras partes interessadas; (2) sejam eficientes na utilização dos recursos; (3) contenham o mínimo de complexidade; (4) sejam capazes de gerar elevados rendimentos; (5) sejam robustos às variações indesejáveis a que estão sujeitos; e (6) possam gerar rentabilidade rápida (Gitlow *et al.*, 2006).
- É uma estratégia oriunda da disciplina da qualidade, orientada pelo tratamento e análise de dados, para proceder à concepção e desenvolvimento de produtos e processos, sendo uma parte integral da iniciativa Seis Sigma (Cook, 2005).
- Constitui uma expansão da iniciativa Seis Sigma, que adopta uma abordagem preventiva pelo facto de planear a qualidade de produtos e processos (Drake *et al.*, 2008).
- Abordagem que utiliza uma combinação estruturada de métodos e ferramentas usadas no seio do próprio Seis Sigma, mas também do *Lean Management* e dos modelos de Engenharia de Sistemas e desenvolvimento de produtos, procurando assim estimular a adopção de práticas de inovação eficientes por parte das organizações (Lunau *et al.*, 2009).
- É uma abordagem estruturada para assegurar a eficiente comercialização de tecnologia que resulte em novos produtos, serviços ou processos; abrange todo o ciclo de desenvolvimento, desde a identificação das necessidades dos clientes até ao lançamento final do produto ou serviço (Montgomery, 2010).

Para melhor caracterizarem o conceito de DFSS, De Mast *et al.* (2011) preferem enquadrá-lo em torno de dois níveis:

- 1) *Nível estratégico* – Abrange todos os assuntos relacionados com a estratégia de inovação da organização, determinando em grande medida quais os projectos Seis Sigma, da vertente de DFSS, a seleccionar. As estratégias de inovação e consequentes iniciativas, entre as quais a realização de projectos de DFSS, são definidas com base num conjunto de elementos da envolvente interna (e.g. competências próprias, qualificações dos recursos humanos, tecnologias e recursos disponíveis, patentes da organização, por exemplo) e externa (e.g. requisitos do mercado e seus segmentos, necessidades e expectativas dos clientes, requisitos legais e regulamentares, envolventes social, económica e política, análise concorrencial, entre outros). Envolve também os princípios e boas práticas fundadoras da abordagem de DFSS, como sejam: a robustez conceptual e operacional dos produtos, serviços e processos desenvolvidos, a adopção de práticas de tomadas de decisão consubstanciadas em dados factuais, a visão assente no valor da solução ao longo de todo o ciclo de vida, a focalização nas necessidades dos clientes, o alinhamento com a estratégia do negócio, entre outros.
- 2) *Nível tático* – Engloba todos os aspectos relacionados com a perspectiva metodológica usada na realização de um projecto de DFSS, isto é, as fases do mapa de referência e as actividades desempenhadas em cada uma delas, as revisões intermédias formais, ou ainda as técnicas e ferramentas usadas ao longo do projecto. Contrariamente ao que sucede com a vertente tradicional do Seis Sigma, onde o mapa DMAIC é usado como referência, no DFSS existem inúmeros acrónimos propostos pela literatura para serem usados como mapa de referência.

Mader (2002) estabelece uma classificação semelhante à proposta por De Mast *et al.* (2011), mas adopta uma terminologia diferente: (1) nível macro como equivalente ao nível estratégico; (2) nível micro em vez de nível tático.

3.3.2. Conceitos relevantes num contexto de DFSS

Nas próximas subsecções apresentam-se e discutem-se alguns dos principais conceitos no contexto de uma metodologia de DFSS, que ganham importância no enquadramento da tese, nomeadamente:

- Sistema.
- Inovação.
- Valor.
- Função e requisito funcional.
- Constrangimento.
- Elemento de solução.
- Decomposição.

Inerente aos conceitos supracitados, há um conjunto de termos e definições que merecem ser destacados no contexto desta tese.

3.3.2.1. Sistema

Convém começar por compreender o significado de “sistema”. Para tal transcrevem-se as seguintes definições:

- “Objecto físico ou virtual que desempenha uma função que não pode ser satisfeita apenas por um dos seus elementos constituintes” (Crawley, 2001).
- “Conjunto de componentes interrelacionados que interagem uns com os outros de forma organizada, com vista a atingir um propósito comum. Esses componentes podem ter diferentes naturezas, podendo tratar-se de pessoas, organizações, procedimentos, *software*, equipamentos e/ou instalações” (NASA, 1995).
- “Conjunto integrado de elementos que satisfazem um objectivo definido. Esses elementos podem incluir produtos (*hardware*, *software*, *firmware*), processos, pessoas, informação, técnicas, instalações, serviços, entre outros elementos de suporte” (INCOSE, 2004).
- “Combinação de elementos organizados que interagem para atingir um ou mais propósitos estabelecidos” (ISO, 2002).

O referencial normativo sobre Engenharia de Sistemas, a ISO/IEC 15288:2002, esclarece que um sistema pode ser considerado o produto ou serviço que satisfaz esse(s) propósito(s). Na literatura sobre DFSS, o sistema a conceber e desenvolver, isto é, o sistema de interesse, é normalmente tipificado em torno de três categorias: produto, serviço ou processo (Yang e El-Haik, 2003; Cook, 2005; Gitlow *et al.*, 2006).

Dado que a tipologia do sistema de interesse influencia a abordagem metodológica a seguir num projecto de DFSS (Jugulum e Samuel, 2008), importa discutir e compreender a taxonomia dos sistemas. Eder e Hosnedl (2008) identificam dois tipos principais de sistemas: (1) sistemas naturais; (2) sistemas artificiais. O segundo tipo é aquele que assume particular interesse, uma vez que respeita a entidades que são idealizadas, concebidas, desenvolvidas e realizadas ou operacionalizadas pelo ser humano.

Crawley *et al.* (2004) procuram tipificar os sistemas artificiais através da sua decomposição em hierarquias cada vez mais detalhadas, conforme se ilustra na figura 3.2. Os autores organizam os tipos de sistemas artificiais de acordo com a sua morfologia, ou grau de tangibilidade. Conforme se observa nessa figura, esse grau de tangibilidade aumenta gradualmente da direita para a esquerda.

Outras classificações podem ser encontradas na literatura. Por exemplo, Hubka e Eder (1988) focalizam-se na tipificação e hierarquização de sistemas técnicos, em detrimento de outros tipos de sistemas (figura 3.3). Segundo Eder (2011), um sistema técnico é constituído por objectos tangíveis, criados pelo ser humano, que desempenham uma tarefa útil. Altshuller *et al.* (2005) têm uma definição mais genérica, considerando que qualquer objecto que desempenha uma função é um sistema técnico.

Outras propostas de tipificação de sistemas podem ser encontradas na literatura, destacando-se, entre outras, as descritas em Sydenham (2004), Samuel (2006) e Eder e Hosnedl (2008).

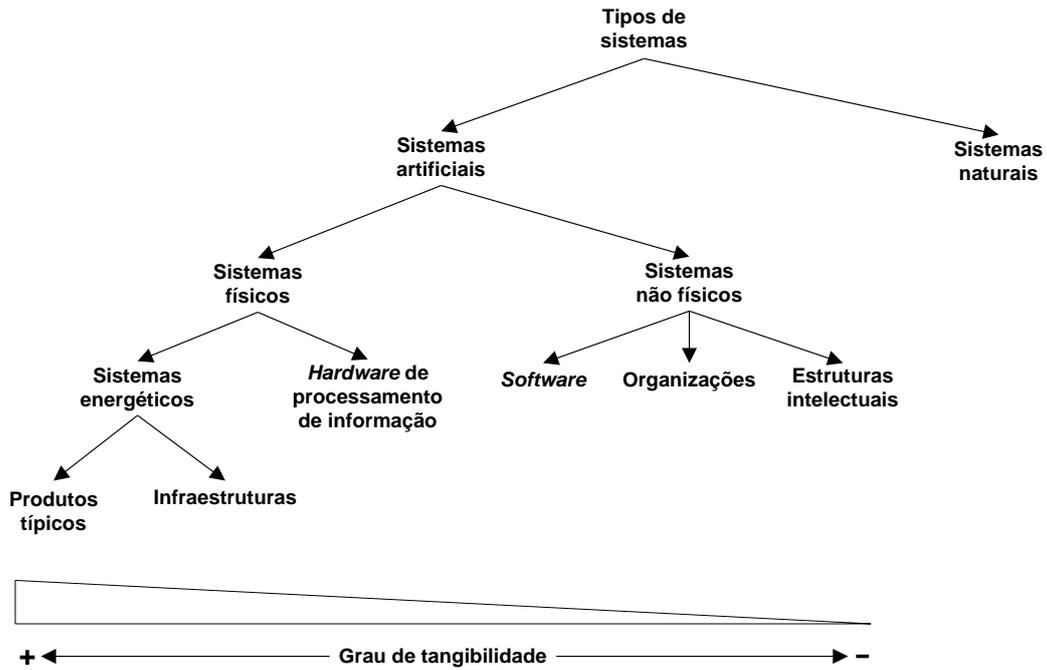


Figura 3.2 – Tipos de sistemas, sua hierarquização e grau de tangibilidade (adaptado de: Crawley *et al.*, 2004).

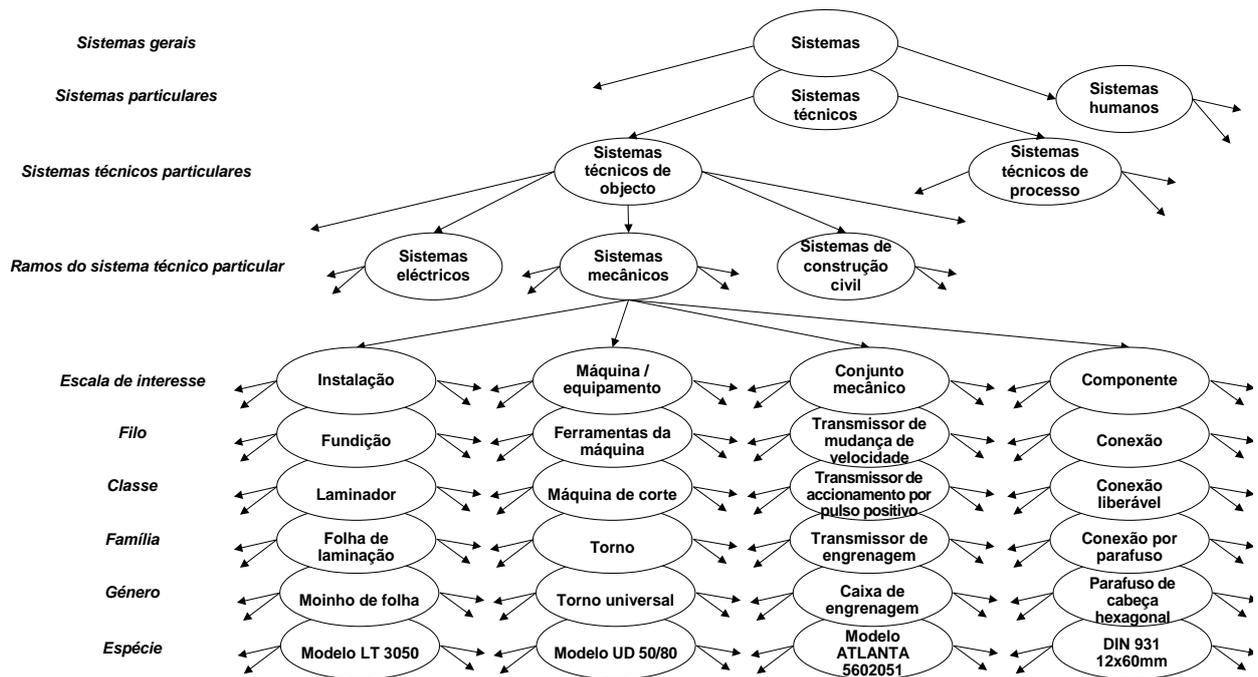


Figura 3.3 – Hierarquia dos sistemas técnicos (adaptado de: Hubka e Eder, 1988).

Nesta tese, define-se “sistema” como sendo uma entidade, independentemente da sua morforlogia, composta por dois ou mais elementos de solução interrelacionados, que concorrem para o cumprimento de um conjunto de requisitos funcionais pré-determinados e para a satisfação de eventuais constrangimentos aplicáveis, criando, através dos resultados que gera, valor aos clientes e a outras partes interessadas.

Define-se “sistema de interesse” como sendo o sistema, ou a entidade, que se pretende conceber e desenvolver através da realização de um projecto de inovação. No âmbito desta tese, o projecto de inovação corresponde a um projecto de DFSS. Numa perspectiva de ciclo de vida, um sistema de interesse pode também ser alvo de acções de melhoria (e.g. através da realização de projectos Seis Sigma DMAIC) e de controlo (e.g. através de acções consagradas na fase de *Control* do DMAIC).

Quando o sistema de interesse for simples, pelo facto de o número de requisitos a cumprir ser muito pequeno, é possível caracterizar os elementos que compõem a sua estrutura num único passo (ver situação a) na figura 3.4). Todavia, na maioria das vezes, a dimensão/escala do sistema de interesse num projecto de DFSS é superior, havendo nesses casos necessidade de decompô-lo noutro(s) sistema(s) mais específico(s). Caso a estrutura de cada um desses subsistemas também não possa ser totalmente caracterizada num único passo, então ocorrerá nova decomposição. Multiplicando as vezes necessárias o raciocínio anterior, obtém-se uma hierarquia de níveis de detalhe que, no seu conjunto, descrevem a estrutura do sistema de interesse (conferir situação b) da figura 3.4).

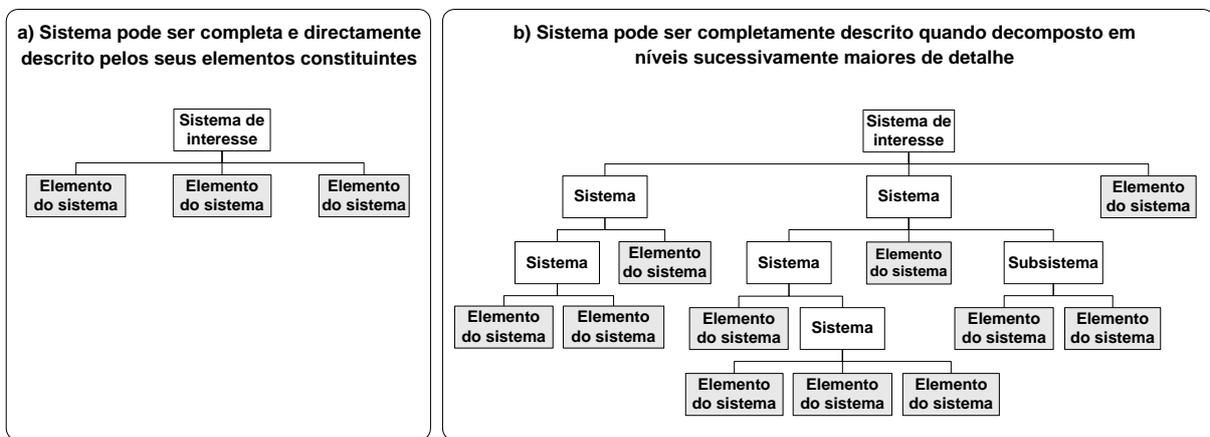


Figura 3.4 – Representação da estrutura de um dado sistema de interesse, consoante o nível de detalhe necessário para o caracterizar na totalidade (adaptado de: ISO, 2002).

Normalmente, o sistema de interesse faz, ele próprio, parte de um sistema mais amplo e interage com outros sistemas que também são constituintes desse sistema mais amplo. É por isso fundamental, aquando da definição do âmbito de um projecto de DFSS, compreender claramente qual o sistema de interesse, delimitar as suas fronteiras, e identificar outros sistemas de interface.

Por exemplo, se o sistema de interesse for um modelo de avião (figuras 3.5 e 3.6), é importante enquadrá-lo como fazendo parte de um sistema mais lato relacionado com o transporte aéreo de passageiros, reconhecer que interage com outros sistemas (e.g. sistema de controlo de tráfego aéreo, sistema de aeroportos), e que é composto por vários níveis de sistemas e subsistemas.

3.3.2.2. Inovação

Inovação é um tópico amplo e transversal, pelo facto de muitos dos aspectos que moldam o seu conceito serem abordados por várias disciplinas do conhecimento, incluindo o *marketing*, a gestão da qualidade, a gestão das operações, a gestão da tecnologia, o comportamento organizacional, o desenvolvimento de produtos, a gestão estratégica, ou ainda a economia (Hauser *et al.*, 2006).

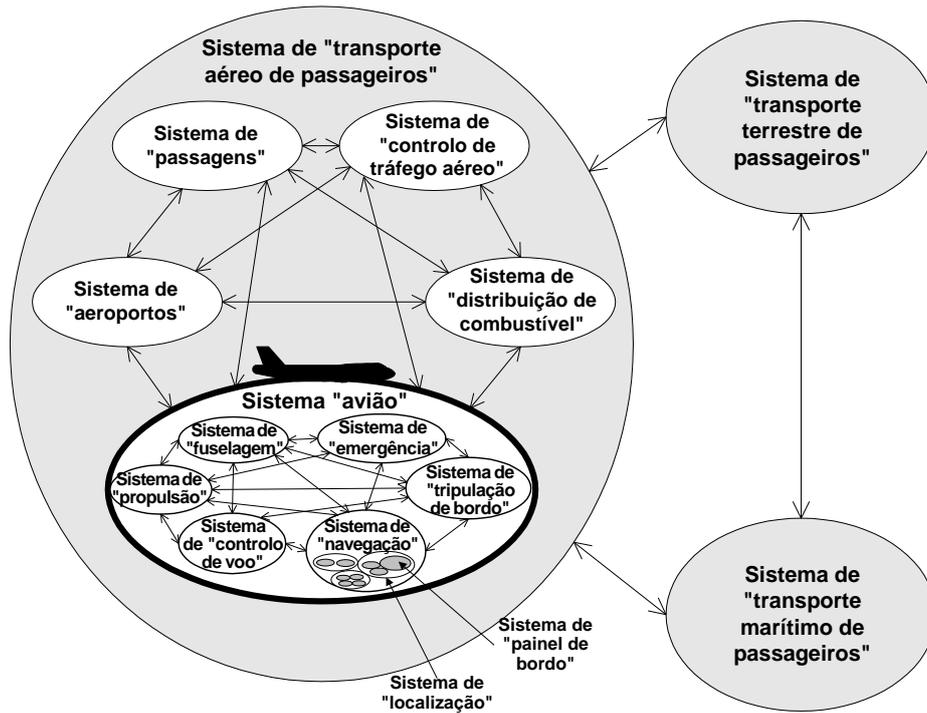


Figura 3.5 – Exemplo do enquadramento de um sistema de interesse (avião) no seio de uma hierarquia de sistemas (adaptado de: ISO, 2002).

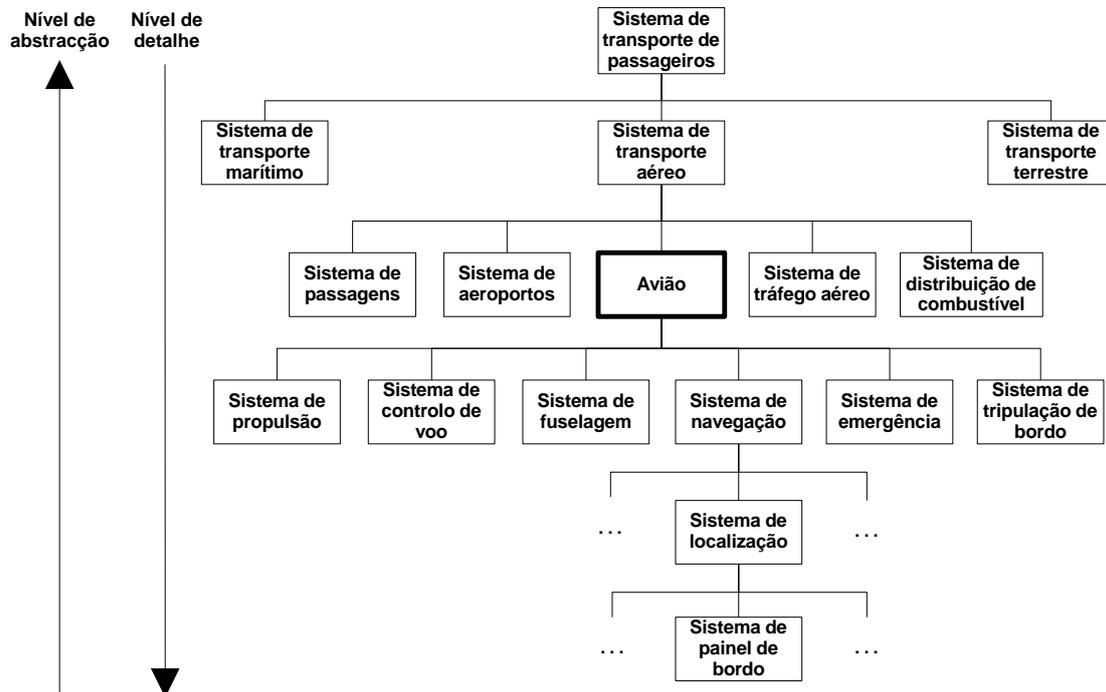


Figura 3.6 – Representação do posicionamento do sistema de interesse “avião” na estrutura hierárquica dos sistemas ilustrados no exemplo da figura 3.5.

Vários autores, entre os quais Janszen (2000), Edquist *et al.* (2001), Le Corre e Mischke (2005) ou Hidalgo e Albors (2008), consideram que a teoria da inovação foi fundada pelo economista austríaco

Joseph Schumpeter. Os principais contributos e propostas de Schumpeter, desenvolvidos ao longo da primeira metade do século XX, foram os seguintes:

- *Distinção entre os conceitos de “invenção” e “inovação”.* A invenção insere-se exclusivamente no domínio técnico e resulta de alterações ou descobertas de princípios ou soluções com potencial para exploração industrial ou comercial. Só quando a invenção transita do domínio técnico para o mundo dos negócios, criando valor económico, é que a invenção se transforma em inovação.
- *Principais fases do processo de inovação:* (1) invenção; (2) inovação; (3) difusão da inovação.
- *Classificação dos tipos de inovação:*
 - a) Introdução de novos produtos ou mudança qualitativa em produtos existentes.
 - b) Introdução de novos processos de produção.
 - c) Abertura de um novo mercado.
 - d) Desenvolvimento de novas formas de aprovisionamento.
 - e) Estabelecimento de uma nova organização.
- *Enfoque no papel da inovação enquanto principal impulsionador do desenvolvimento económico.* Ao contrário das teorias económicas vigentes na época, para Schumpeter os ciclos de crescimento económico resultam sobretudo da conjugação das formas de inovação e das mudanças tecnológicas.
- *Visão do empresário como empreendedor.* Para Schumpeter, o empresário deve ser o principal agente do dinamismo económico, empreendendo esforços e acções para criar e introduzir coisas novas que sejam capazes de romper com os paradigmas existentes.

Desde então, o conceito de inovação tem evoluído de forma significativa, mas tendo por base os alicerces fundados por Schumpeter (Hidalgo e Albors, 2008). Algumas das definições de “inovação” mais relevantes são transcritas de seguida:

- “Ferramenta específica dos empresários, o meio através do qual exploram a mudança como oportunidade de negócio. É possível apresentá-la sob forma de disciplina, aprendê-la e praticá-la” (Drucker, 1985).
- “Prática de criação de novos produtos, serviços e processos, que é alimentada através de práticas de aprendizagem e consolidação de conhecimento sobre as necessidades futuras dos clientes, relativamente aos produtos e serviços fornecidos” (Deming, 1994).
- “Produção, assimilação e exploração bem sucedida de uma novidade, nas esferas económica e social, que forneça soluções inexistentes para problemas e permita a satisfação de necessidades das pessoas e da sociedade” (Comissão Europeia, 1995).
- “Utilização da criatividade para criar valor económico, social, psicológico ou estético” (Hughes, 2003).
- “Implementação de um produto (bem ou serviço) ou processo, novo ou significativamente melhorado, de um novo método de *marketing* ou de um novo método organizacional nas actividades comerciais, na organização do local de trabalho ou nas relações externas” (OCDE e Eurostat, 2005).

Outras definições importantes, relativas ao conceito de inovação, encontram-se disponíveis, entre outras referências, em Von Hippel (1988), Robert e Cordeiro (1997), Saraiva e D'Orey (1999); Edquist *et al.* (2001), Gaynor (2002), Rainey (2005) e Hauser *et al.* (2006). Com base nos vários aspectos do conceito de inovação, que aparecem normalmente citados na literatura consultada, podem retirar-se algumas conclusões importantes, descritas de seguida, procurando-se igualmente contextualizá-las numa vertente de DFSS:

- O espírito de empreendedorismo dos agentes económicos, sociais e culturais de um espaço geográfico determina a dinâmica de inovação existente nesse espaço e, em grande medida, o crescimento económico e o desenvolvimento social e cultural nele verificados. As diversas estratégias, perspectivas, categorias e características relativas à temática do empreendedorismo, incluindo a sua relação com o fenómeno da inovação, encontram-se descritas em pormenor nos trabalhos de Shane (2003) e Saraiva (2011). Sendo o DFSS a vertente de inovação do Seis Sigma (Gitlow *et al.*, 2006; Stevenson e Kashef, 2008; Arendt, 2009), e dado o papel crucial da liderança de uma organização no sucesso de um programa Seis Sigma, pode concluir-se que o número de projectos de DFSS realizados, e os benefícios deles decorrentes, dependem fortemente da cultura de empreendedorismo na organização, em particular da atitude empreendedora dos seus líderes.
- É a identificação contínua e sistemática de oportunidades de inovação que proporciona a realização de projectos de inovação e, portanto, o funcionamento de um sistema de gestão da inovação numa organização. As oportunidades de inovação têm origem num conjunto amplo e completo de fontes. Drucker (1985) identifica sete tipos de fontes de dados que, analisados, podem resultar em conhecimento que conduzirá à identificação de oportunidades de inovação. Há um conjunto de fontes de oportunidades de inovação que se encontram detalhadas em APQC (2003). A detecção de potenciais projectos Seis Sigma, realizados com base na abordagem de DFSS, pode ser efectuada a partir da identificação de oportunidades de inovação.
- A capacidade de uma organização para criar e introduzir, de forma continuada no tempo, novas soluções só se torna possível quando esta adopta um processo sistemático de inovação. Vários processos de inovação, ou de concepção e desenvolvimento, sob a forma de metodologias descritivas e prescritas, têm sido propostas ao longo dos tempos (Tate *et al.*, 2010) nas últimas quatro décadas (Cross, 2007). Qualquer um dos mapas metodológicos de DFSS pode ser adoptado como processo de inovação (Watson, 2004; Hu e Pieprzak, 2005) ou ser integrado num processo de inovação existente com o objectivo de o melhorar (Mader, 2002; Thomas e Singh, 2006). Uma das principais vantagens do DFSS assenta no facto de este reunir de forma organizada um amplo conjunto das melhores práticas, princípios, conceitos e métodos que têm sido propostos na área de projecto de sistemas (Watson, 2005).
- Uma das principais formas de fomentar a inovação no seio das organizações reside no estímulo ao pensamento criativo, pois só idealizando, criando, desenvolvendo e lançando soluções diferenciadas das demais é que se conseguem alcançar discontinuidades que podem conduzir a vantagens competitivas significativas. A metodologia de DFSS, independentemente do mapa metodológico usado, possibilita a utilização estruturada de

técnicas, ferramentas e outras abordagens dirigidas para incrementar a criatividade durante o processo de inovação (Yang, 2005b).

- Cada projecto de inovação, conduzido de acordo com um determinado processo de inovação estipulado, pode assumir características e particularidades próprias que dependem de um conjunto de factores taxonómicos, salientando-se os seguintes: (1) tipologia do sistema de interesse; (2) nível de inovação relacionado com o grau de novidade da solução a implementar para o sistema de interesse; (3) escala/dimensão do sistema de interesse e localização das alterações conceptuais nos diferentes níveis de detalhe da sua hierarquia; (4) variedade de sistemas de interesse a desenvolver; (5) evolução temporal dos requisitos a cumprir pelo sistema de interesse ao longo do seu ciclo de vida. Tais particularidades devem, portanto, ser também tidas em conta quando um projecto de DFSS é realizado.

Pela sua relevância, nas subsecções seguintes procede-se a um levantamento bibliográfico de modo a aprofundar as taxonomias referidas no último ponto.

3.3.2.2.1. Taxonomia da inovação atendendo à tipologia do sistema de interesse

Saraiva e D'Orey (1999) sublinham que se pode falar de inovação ao nível da estratégia, da gestão dos recursos, da concepção e acompanhamento dos processos, das formas de organização e estruturas, da vertente financeira, da distribuição, do *marketing* e comercialização, das marcas, das políticas de remuneração e recompensa, da gestão da qualidade ou ambiental, em suma, em todas as actividades relacionadas com a forma de ser e estar de uma organização. Este facto demonstra que pode haver diferentes classes de projectos de inovação, os quais podem assumir uma vertente de DFSS, consoante o tipo ou natureza do sistema de interesse.

A literatura consultada disponibiliza várias propostas para proceder à categorização referida. Tentar-se-á compilar e apresentar as principais taxonomias, tendo em linha de conta a relevância da fonte e a frequência com que são citadas.

Vários trabalhos (Comissão Europeia, 1995; Robert e Cordeiro, 1997; Adner e Levinthal, 2001; APQC, 2003; Vincent *et al.*, 2004; Le Corre e Mischke, 2005; Becker e Egger, 2007; Leiponen e Helfat, 2009) distinguem dois tipos principais de inovação:

- Inovação de produtos.
- Inovação de processos.

Embora na génese desta classificação tenham estado os artigos industriais e seus processos produtivos, é possível adoptá-la noutras ramos de actividade (Von Hippel, 1988), como é o caso do sector dos serviços (Miles, 2008). Na verdade, a inovação de produtos não tem necessariamente que dizer apenas respeito a produtos tangíveis. Tal facto encontra-se espelhado, por exemplo, na aplicabilidade do processo de concepção e desenvolvimento de produtos da norma ISO 9001:2008 (cláusula 7.3), em que “produto” pode tratar-se de *hardware*, serviços, *software* ou materiais processados. Outras classificações de produto encontram-se disponíveis na literatura. Por exemplo, Edquist *et al.* (2001) distinguem produtos de consumo, produtos de investimento e produtos

intermédios. Muitas vezes a distinção é feita em função do grau de tangibilidade do produto, como é exemplo a categorização proposta por Crawley *et al.* (2004) ilustrada na figura 3.2, ou a escala morfológica formulada no trabalho de Beiter *et al.* (2006). Para o caso dos serviços, Silvestro (1999) distingue três classificações diferentes: serviços em massa, serviços de loja e serviços profissionais.

Relativamente à inovação de processos, esta pode incidir não só nos processos produtivos, mas igualmente noutras categorias de processos. O fenómeno da inovação de processos é frequentemente denominado por “reengenharia dos processos” (Davenport, 1993). Inúmeras formas de proceder à categorização dos processos têm sido propostas na literatura (Henriksen e Andersen, 2010). Essa categorização é normalmente feita tendo em linha de conta:

- *A tipologia dos processos em sectores de actividade económica.* Por exemplo, Yang (2005a) identifica 12 categorias de processos que conseguem abranger praticamente todos os sectores de actividade económica; Hill (2000, citado em Henriksen e Andersen, 2010) sugere 5 tipos de processos de produção; Duray (2011) inspira-se nas categorizações propostas para os processos produtivos tradicionais e propõe um modelo para classificar os processos envolvidos na produção de personalização em massa (*mass customisation*); Silvestro *et al.* (1992) propõem 3 categorias de processos de fornecimento dos serviços; Liu *et al.* (2008) desenvolvem um modelo para classificar qualquer tipo de processo de fornecimento do serviço atendendo às suas dimensões fundamentais.
- *O fluxo de adição de valor no produto* (independentemente do tipo ou morfologia de produto). Por exemplo, Childe *et al.* (1994, citado em Bititci *et al.*, 2011) e Ponsignon (2010) distinguem 3 tipos de processos, designadamente processos de realização, de gestão e de suporte; Armistead e Machin (1997) adoptam 4 categorias, considerando um classificação em torno de processos operacionais, de suporte, de gestão e estratégicos.
- *A posição relativa no seio da hierarquia de processos.* Este critério diferencia os diferentes níveis de detalhe dos processos, devido à decomposição sucessiva dos macro-processos até ao patamar inferior das tarefas operacionais. Henriksen e Andersen (2010) agrupam os macro-processos em torno da categoria de processos de decisões estratégicas, os níveis intermédios em processos de decisões tácticas, e os níveis inferiores da hierarquia em processos de decisões operacionais.

Edquist *et al.* (2001) optam por desdobrar as inovações de produtos e de processos, cada uma, noutras duas categorias, conforme ilustrado na figura 3.7.

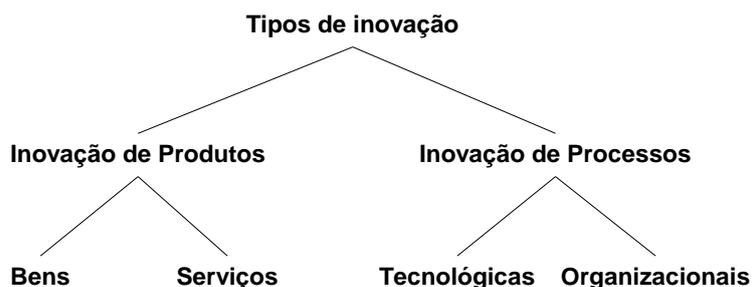


Figura 3.7 – Classes de inovação de acordo com a tipologia de Edquist *et al.* (2001).

Esses autores consideram inovação de produto aplicável a bens e serviços, podendo a inovação de processo ser decomposta em inovações tecnológicas e organizacionais. As inovações organizacionais dizem respeito às alterações de configuração introduzidas nos processos organizacionais, independentemente do tipo de processo, que resultam num aumento substancial da produtividade, qualidade e/ou eficiência dos mesmos. As inovações tecnológicas dos processos referem-se à introdução de novos bens e tecnologias (e.g. equipamentos, novos materiais, tecnologias de informação e comunicação, entre outros exemplos) nos processos existentes, de modo a atingir níveis de desempenho substancialmente melhorados.

O Manual de Oslo (OCDE e Eurostat, 2005) e a norma NP 4456:2007, por seu lado, adoptam as seguintes classes de inovação:

- *Inovação do produto* – Introdução de novos produtos ou serviços, ou melhoria significativa de produtos ou serviços existentes.
- *Inovação do processo* – Implementação de novos ou melhorados processos de fabrico, logística e distribuição. É aplicável a qualquer tipo de processo de produção ou realização de serviço, bem como aos seus processos de suporte.
- *Inovação organizacional* – Implementação de novos métodos organizacionais na prática do negócio, organização do trabalho e /ou relações externas.
- *Inovação de marketing* – Implementação de novos métodos de *marketing*, envolvendo melhorias significativas no *styling* do produto ou embalagem, nas estratégias de preço, na introdução de novos canais de vendas, e na utilização de novos conceitos e técnicas de promoção.

Os diferentes tipos de inovação nem sempre são inteiramente independentes uns dos outros. De facto, a inovação de bens pode ser acompanhada da inovação de serviços, pois o sistema de interesse a desenvolver pode conter ambas as vertentes (Stevenson, 2009). Exemplos disso são o sistema multibanco e o sistema de Via Verde. Por outro lado, a inovação de serviços ocorre geralmente em simultâneo com uma inovação de processos (Tidd *et al.*, 2003). Por vezes, a inovação de bens e a inovação dos seus processos produtivos também podem ocorrer em paralelo (Sorli e Stokic, 2009), numa lógica conhecida por engenharia concorrente (*concurrent engineering*).

3.3.2.2.2. Taxonomia da inovação atendendo ao grau de novidade introduzido no sistema de interesse

Esta dimensão, muitas vezes chamada de nível de inovação, diz respeito ao grau de novidade conceptual introduzido num sistema de interesse, em resultado da realização de um projecto de inovação. Esse projecto de inovação pode tratar-se, por exemplo, de um projecto de DFSS. O nível de inovação introduzido num determinado sistema de interesse pode ter diversas magnitudes, que se inserem algures entre os seguintes extremos opostos (Valle e Vázquez-Bustelo, 2009):

- *Inovações incrementais* – Introdução de melhorias de desempenho, mas sem alterar o fundamental da solução conceptual existente do sistema de interesse.
- *Inovações radicais* – Introdução de uma solução conceptual totalmente nova, que rompe com os paradigmas conceptuais em vigor.

Embora autores como Amara *et al.* (2004), Yang *et al.* (2005) e Bessant e Davies (2007) reconheçam a existência de uma escala contínua que compreende os extremos acima referidos, a maior parte da literatura científica consultada opta por estabelecer diferentes categorias para o nível de inovação. Gaynor (2002) reconhece, no entanto, que o estabelecimento de qualquer tipo de categorização nos níveis de inovação pode envolver áreas de duplicação, onde as fronteiras entre as diferentes categorias nem sempre são claras e se podem sobrepor.

A tipificação dos níveis de inovação, mais frequentemente citada na literatura, consiste numa classificação em torno das duas categorias referidas: inovação incremental e inovação radical. Referências como Schmidt e Calantone (1998), Leifer *et al.* (2000), McDermott e O'Connor (2002), Ashihara e Ishii (2005), Hauser *et al.* (2006), Valle e Vázquez-Bustelo (2009) e Arnold *et al.* (2011) são disso exemplo. Outros autores usam designações diferentes para a mesma dicotomia. Por exemplo, Zhou *et al.* (2004) e Sorli e Stokic (2009) distinguem inovação incremental de inovação de ruptura, a Comissão Europeia (1995) diferencia inovação progressiva de inovação radical, Edquist *et al.* (2001) utilizam o termo inovação incremental em oposição a inovação significativa, enquanto que Corso e Pellegrini (2007) optam por distinguir inovação contínua de inovação descontínua. O quadro 3.3 compila as principais diferenças entre inovação incremental e inovação radical.

Quadro 3.3 – Principais diferenças entre inovação incremental e inovação radical (adaptado de: Leifer *et al.*, 2000; Popadiuk e Choo, 2006; Valle e Vázquez-Bustelo, 2009; Arnold *et al.*, 2011).

Parâmetro	Inovação incremental	Inovação radical
Ênfase do projecto de inovação.	Melhoria conceptual e/ou operacional de um sistema de interesse existente, conduzindo a um aumento do desempenho e/ou à redução dos custos.	Reconcepção total ou quase total de um sistema de interesse existente, ou concepção de raiz de um novo sistema de interesse, conduzindo geralmente a níveis de desempenho muito superiores aos conhecidos.
Duração do projecto de inovação.	Curta (tipicamente 6-24 meses).	Longa (mais de 2 anos, nalguns casos 10 ou mais anos).
Equipa do projecto de inovação.	Poucas pessoas e valências técnicas envolvidas no projecto; formação de uma única equipa.	Várias pessoas e valências técnicas envolvidas no projecto, incluindo de I&D; formação de várias subequipas.
Investimento necessário ao projecto de inovação.	Médio ou baixo.	Elevado ou muito elevado.
Incerteza e dificuldade inerentes ao projecto de inovação	Moderadas.	Elevadas.
Planeamento do projecto de inovação.	Actividades a executar ao longo do projecto e sua duração mais fáceis de prever.	Actividades a executar ao longo do projecto e sua duração mais difíceis de prever.
Níveis de conhecimento e competência técnica requeridos para o projecto de inovação	Maioria dos domínios técnicos e áreas do conhecimento necessários à realização do projecto inserem-se nas competências da organização.	Parte significativa dos domínios técnicos e áreas do conhecimento necessários à realização do projecto podem requerer competências adicionais às existentes na organização.
Determinação das necessidades e expectativas dos clientes.	Actividade que tem uma natureza exploratória; permite a recolha de dados qualitativos e quantitativos; a recolha das “vozes” e “imagens” dos clientes é facilitada pelo facto de existir um conceito de referência.	Actividade que tem uma natureza exploratória; a maior parte dos dados recolhidos tem uma natureza qualitativa; a recolha das “vozes” e “imagens” dos clientes é dificultada pelo facto de poder não existir um conceito de referência.
Esforço criativo requerido	Moderado	Elevado.

Outros autores discordam da dicotomia anterior, preferindo tipificar os níveis de inovação em torno de três ou eventualmente mais categorias. O quadro 3.4 indica algumas dessas propostas de categorização e o seu significado. Outros ainda sugerem a utilização de escalas para medir o grau de novidade presente num determinado projecto de inovação, atendendo a uma (Landry *et al.*, 2002, citado em Amara *et al.*, 2008) ou múltiplas (Chandy e Tellis, 2000; McDermott e O'Connor, 2002; Valle e Vázquez-Bustelo, 2009) variáveis dependentes.

Quadro 3.4 – Diferentes categorizações propostas na literatura para classificar os níveis de inovação.

Referência	Âmbito	Categorias	Significado
Freeman e Soete (1997)		Radical.	Introdução de soluções em que o grau de novidade e/ou o de acréscimo de valor percebido(s) é(são) bastante elevado(s).
		Substancial.	Introdução de soluções em que o grau de novidade e/ou o de acréscimo de valor percebido(s) é(são) significativo(s).
		Incremental.	Introdução de soluções com baixo grau de novidade e pouco acréscimo de valor percebido.
Garcia e Calantone (2002)	Qualquer tipo de produto	Radical.	Introdução de soluções até aí desconhecidas. Causam descontinuidades tecnológica e de mercado, que se manifestam a uma escala macro (mudança de paradigma a nível do conhecimento ou da tecnologia) e micro (mudança de paradigma a nível da própria organização). Pode cultivar o aparecimento de novos e dinâmicos mercados, sectores de actividade, organizações, canais de distribuição e actividades de <i>marketing</i> .
		Realmente nova.	Introdução de soluções que causam uma descontinuidade tecnológica ou de mercado, mas não ambas em simultâneo. Essa descontinuidade produz um impacto macro e micro.
		Incremental.	Introdução de soluções que causam descontinuidade tecnológica e/ou de mercado a nível micro
Tidd <i>et al.</i> (2003)	Produtos, serviços e processos	Transformação.	Introdução de soluções conceptuais totalmente novas, susceptíveis de romper com paradigmas não apenas num determinado sector ou indústria, mas também na sociedade em geral.
		Radical.	Introdução de soluções conceptualmente novas, ou substancialmente modificadas, susceptíveis de provocar mudanças muito significativas na forma de actuar e pensar de um dado sector de actividade ou indústria
		Incremental.	Introdução de novas soluções cujo conceito representa uma evolução de conceitos anteriores ou existentes.
Corso e Pellegrini (2007)		Radical.	Introdução de soluções cujo desenvolvimento teve por base a utilização de novo conhecimento e de novas capacidades, até aí desconhecidos por parte da organização.
		Equilíbrio entre incremental e radical.	Introdução de soluções que resultaram da utilização de um misto de conhecimento e de capacidades novos e existentes.
		Incremental.	Introdução de soluções cujo desenvolvimento teve por base o conhecimento e as capacidades existentes na organização.

Entre 1964 e 1974, Genrich Altshuller, o criador da Teoria da Resolução de Problemas Inventivos, conhecida pelo acrónimo russo TRIZ, estudou um conjunto de 40.000 patentes, cujas soluções inventivas eram representativas de um total de 200.000 resumos de patentes (Terninko *et al.*, 1998). Com base nas conclusões desse estudo, propôs o enquadramento das várias soluções inventivas em torno de cinco níveis (Savransky, 2000), que podem ser usados como referência para determinar o

grau de novidade introduzido no sistema de interesse. O quadro 3.5 descreve as características de cada um desses níveis de inovação, bem como a percentagem relativa de cada um deles no conjunto de patentes correspondentes aos períodos:

- Entre 1964 e 1974, que foram estudadas por Altshuller (Terninko *et al.*, 1998).
- Entre 1985 e 2002, que foram estudadas por Mann e Dewulf (2003) da CREAX.
- Entre 2005 e 2007 por Mann (2009) da CREAX.

O quadro 3.5 demonstra que a maior parte das inovações têm uma natureza incremental, pois encontram-se afectas aos primeiros dois níveis. Esta constatação vai ao encontro das conclusões de outros autores, tais como Chandy e Tellis (2000), Leifer *et al.* (2000), Rainey (2005), Eder e Hosnedl (2008) e Germeraad (2009).

Quadro 3.5 – Níveis de inovação de acordo com a teoria TRIZ
(adaptado de: Terninko *et al.*, 1998; Altshuller, 1999; Mann e Dewulf, 2003; Mann, 2009).

Nível	Significado e características do nível de inovação	% de patentes
Nível 1	Introdução de pequenas melhorias conceptuais no sistema de interesse existente, utilizando apenas ideias e métodos conhecidos e habitualmente usados. Tipo de inovação em que a solução inventiva não exige esforço criativo nem a utilização de novo conhecimento.	32% (1964-1974) 18% (1985-2002) 19% (2005-2007)
Nível 2	Introdução de melhorias conceptuais no sistema de interesse existente. As melhorias introduzidas, apesar de nunca serem substanciais, implicam normalmente algum esforço criativo, a utilização de novos métodos e/ou de conhecimento adicional proveniente da mesma área de especialidade.	45% (1964-1974) 57% (1985-2002) 59% (2005-2007)
Nível 3	Introdução de melhorias consideráveis no desempenho do sistema de interesse, através de decisões que modificam parte da solução conceptual existente. Deste modo, emerge um novo conceito, mas que deriva de um conceito existente. Este nível requer uma intensidade criativa considerável, sendo frequentemente necessário usar métodos e conhecimento oriundos de outras áreas ou especialidades.	18% (1964-1974) 21% (1985-2002) 18% (2005-2007)
Nível 4	Criação de um conceito totalmente novo para o sistema de interesse, ou modificação completa de um conceito existente. O esforço criativo é considerável e o desenvolvimento completo do conceito só se torna possível através da utilização de conhecimento científico rigoroso.	4% (1964-1974) 3% (1985-2002) 3% (2005-2007)
Nível 5	Inovação que tem origem numa nova descoberta científica, que vem possibilitar a satisfação de necessidades latentes. Um conceito totalmente novo emerge para o sistema de interesse é criado.	1% (1964-1974) 1% (1985-2002) 1% (2005-2007)

Tidd *et al.* (2003) e Amara *et al.* (2008) chamam a atenção para o facto de que, na realidade, a classificação do grau de novidade depende de quem o percepção. Assim, para um mesmo resultado de um projecto de inovação, diferentes protagonistas poderão ter uma percepção diferente acerca do grau de novidade envolvido. Esses protagonistas poderão ser a própria organização que realiza o projecto de inovação, os seus concorrentes, os seus clientes, o mercado em geral, entre outros (Garcia e Galantone, 2002). A figura 3.8 ilustra bem esta questão, sendo possível compreender que, para vários dos tipos de inovação de produto, o grau de novidade introduzido é percebido de maneira diferente pelo mercado e pela organização que efectua a inovação.

Grau de novidade para a organização	Elevado	Novas linhas de produto	Reconcepção significativa de produtos existentes	Produtos totalmente novos (<i>new to the world products</i>)
		Melhoria conceptual de produtos existentes	Adições a linhas de produto existentes	
	Baixo	Redução de custos	Reposições de produto	
		Baixo	Grau de novidade para o mercado	Elevado

Figura 3.8 – Grau de novidade de diferentes situações de inovação de produto, nas perspectivas da organização e do mercado (adaptado de: Danneels e Kleinschmidt, 2001).

EI-Haik (2005) considera que o grau de novidade introduzido num sistema de interesse, em resultado de um projecto de inovação, depende de o mesmo ter sido ou não concebido e desenvolvido a partir de um conceito de referência existente (se não houver conceito de referência, a inovação é radical/criativa) e, em caso afirmativo, da magnitude das alterações às decisões conceptuais efectuadas ao conceito de referência (quanto mais alterações conceptuais forem feitas, menos incremental é a inovação). O raciocínio de EI-Haik encontra-se patente na figura 3.9. O conceito de referência pode ser interno ou externo (e.g. um produto da concorrência) à organização.

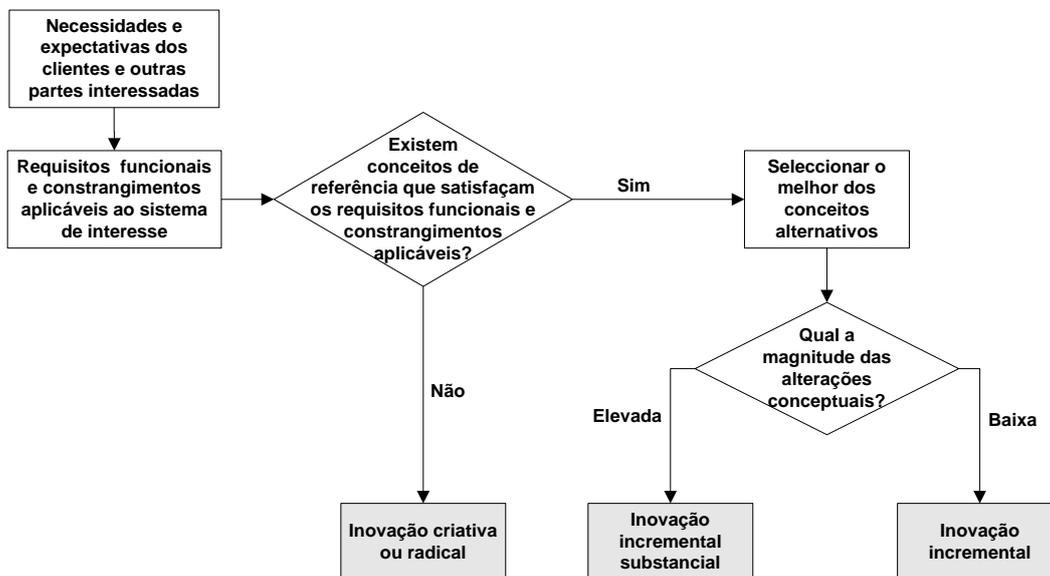


Figura 3.9 – Determinação do nível de inovação em função da existência de um conceito de referência e, em caso afirmativo, da magnitude da reconcepção efectuada (adaptado de: EI-Haik, 2005).

3.3.2.2.3. Taxonomia da inovação atendendo à escala/dimensão do sistema de interesse e à localização das alterações conceptuais na sua hierarquia

Henderson e Clark (1990) consideram que a tradicional dicotomia dos tipos de inovação, em torno das categorias “incremental” e “radical”, é demasiado simplista. Para os autores, qualquer

categorização sobre o nível de inovação estará incompleta se não tiver em conta a localização do sistema técnico onde a mesma ocorre (Lenfle e Baldwin, 2007). Note-se que, embora Henderson e Clark utilizem especificamente o termo “sistema técnico”, pelo facto de o seu estudo incidir sobre os produtos manufacturados, as conclusões dos autores podem ser facilmente expandidas para qualquer outro tipo de sistema de interesse cuja estrutura, para ser caracterizada de forma completa, seja constituída por elementos de solução distribuídos por diferentes níveis de detalhe, conforme se representou na situação b) da figura 3.4. De facto, conforme salientam Rhodes e Ross (2010), a inovação num sistema de interesse pode ocorrer em qualquer nível da sua estrutura, isto é, desde a simples reconcepção de um componente, passando por alterações conceptuais num subsistema, até à reconfiguração de toda a arquitectura do sistema de interesse.

Para Henderson e Clark (1990), é importante distinguir duas perspectivas: (1) O produto (sistema) no seu todo; (2) as partes que constituem o produto, ou seja, os seus componentes. Esta distinção pressupõe que, para assegurar o sucesso de um projecto de inovação, é necessário haver quer um conhecimento sobre cada componente que constitui o produto quer, por outro lado, um conhecimento acerca da arquitectura do produto, incluindo a interacção e interligação entre os vários componentes que compõem a sua estrutura física. Com base nesta ideia, os autores propuseram uma classificação dos níveis de inovação ao longo de duas dimensões (figura 3.10): o impacto da inovação nos componentes do produto (eixo horizontal) e o impacto na arquitectura do produto (eixo vertical).

As inovações incremental e radical são duas categorizações que se encontram nos extremos opostos de ambas as dimensões (Henderson e Clark, 1990) do modelo. O significado das outras duas é o seguinte:

- *Inovação arquitectural* – O produto é reconfigurado, não através da reconcepção significativa de qualquer um dos seus componentes, mas apenas por via de rearranjos na sua disposição e na forma como se encontram interrelacionados. Ocorre sobretudo em cenários em que um conceito dominante de produto está a emergir.
- *Inovação modular* – A arquitectura do produto mantém-se, sendo apenas alterado, algures na hierarquia da sua estrutura física, o conceito associado a um ou mais dos seus módulos ou componentes. Tal alteração conceptual pode ficar a dever-se à introdução de nova tecnologia.

Baixo <i>Impacto na arquitectura (nas interacções entre os componentes)</i>	Inovação incremental	Inovação modular
	Inovação arquitectural	Inovação radical
Elevado	Baixo	Elevado

Impacto nos componentes (no conceito de referência de cada componente)

Figura 3.10 – Classificação dos níveis de inovação segundo Henderson e Clark (fonte: Lenfle e Baldwin, 2007).

O modelo de Henderson e Clark, embora tenha sido idealizado para produtos, é facilmente extensível a qualquer outro tipo de sistema. Um dos méritos deste modelo é o facto de reconhecer que a inovação num sistema de interesse pode ocorrer em qualquer nível de detalhe da sua estrutura.

Conforme se discutiu na secção 3.3.2.1, o sistema de interesse pode fazer parte de um sistema mais amplo. Por exemplo, se o motor de um automóvel for o sistema de interesse no âmbito de um projecto de inovação, deve ter-se em conta que o mesmo faz parte de um sistema mais amplo, o automóvel. Por outro lado, o sistema de interesse é normalmente constituído por vários subsistemas e componentes, podendo cada subsistema ser composto por outros subsistemas e componentes. Para o mesmo exemplo, o carburador é uma peça que faz parte do sistema de alimentação de combustível, que é um subsistema do motor de automóvel. A inovação introduzida no sistema de interesse, o motor, pode ocorrer em qualquer nível da sua hierarquia.

De acordo com Crawley *et al.* (2004), à medida que um sistema de interesse vai maturando, isto é, à medida que um conceito de referência dominante tende a prevalecer, as inovações tendem a ser mais incrementais, incidindo sobre os níveis inferiores da hierarquia do sistema. No caso de produtos, tal manifesta-se por alterações a nível dos seus componentes individuais e respectivos parâmetros. Por outro lado, quanto maior for o grau de novidade que se pretenda introduzir no sistema de interesse, mais necessário se torna realizar mudanças nas decisões conceptuais em níveis cada vez mais elevados da hierarquia (Clark, 1985, citado em Lenfle e Baldwin, 2007). Conforme referem Lindholm *et al.* (1999), alterações nas decisões conceptuais efectuadas num determinado nível superior da hierarquia, terão impacto nas decisões que têm de ser tomadas nos seus níveis inferiores.

3.3.2.2.4. Taxonomia da inovação atendendo à variedade de sistemas de interesse a desenvolver

Globalização, feroz competitividade no processo concorrencial, encurtamento significativo dos ciclos de introdução de novos produtos e serviços, aumento das exigências legais e regulamentares, rápido desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação, entre outros factores, têm conduzido a uma realidade onde, na maior parte dos sectores de actividade, a quantidade e variedade de soluções oferecidas nos mercados suplantam a procura dos potenciais clientes. O vasto leque de soluções alternativas ao seu dispor, juntamente com o diverso tipo de informação a que podem facilmente aceder, fazem com que os clientes sejam não só cada vez mais exigentes em termos de qualidade e preço mas também que procurem bens e serviços diferenciados e capazes de satisfazer as suas necessidades particulares.

Este cenário tem obrigado as organizações a procurar soluções que lhes permitam individualizar as suas ofertas de mercado a custos competitivos (Ramdas, 2003; Krishnapillai e Zeid, 2006; Stäblein *et al.*, 2011). Esses objectivos são frequentemente conseguidos através do desenvolvimento de famílias de produtos ou serviços (Meyer e DeTore, 2001), de onde podem derivar diferentes variantes do produto/serviço dirigidas a satisfazer necessidades, desejos e expectativas de determinados segmentos ou nichos de mercado (Sivard, 2000; Pekkarinen e Ulkuniemi, 2008). O número de variantes de uma determinada família pode também ser expandido, visando o alargamento da gama a novos mercados, ou a exploração de necessidades latentes em mercados existentes (Jiao *et al.*, 2007).

Segundo Meyer e Lehnerd (1997), uma família de produtos pode ser definida como um conjunto de produtos semelhantes que, partilhando uma plataforma comum, se diferenciam pelo facto de terem características e funcionalidades específicas requeridas por segmentos particulares de clientes. Plataforma é um termo utilizado para designar um conjunto definido de elementos de solução e de interfaces que são comuns a ou partilhados por uma família de produtos (Gonzalez-Zugasti *et al.*, 2001). O conceito de plataforma tem sido tradicionalmente utilizado no contexto de produtos físicos e/ou de base tecnológica, mas pode ser facilmente estendido a outros tipos de sistemas, como é o caso dos serviços (Pekkarinen e Ulkuniemi, 2008), processos e organizações (Yang *et al.*, 2004).

Generalizando, uma família de produtos ou serviços, independentemente da sua natureza, é desenvolvida com base numa plataforma de elementos de solução, a partir da qual se pode configurar um conjunto planeado de variantes (e eventualmente de subvariantes) desse produto ou serviço, dirigidas para segmentos ou nichos de mercado específicos. A mesma plataforma pode ser a base de outras famílias de produtos ou serviços existentes. Este raciocínio encontra-se esquematizado na figura 3.11.

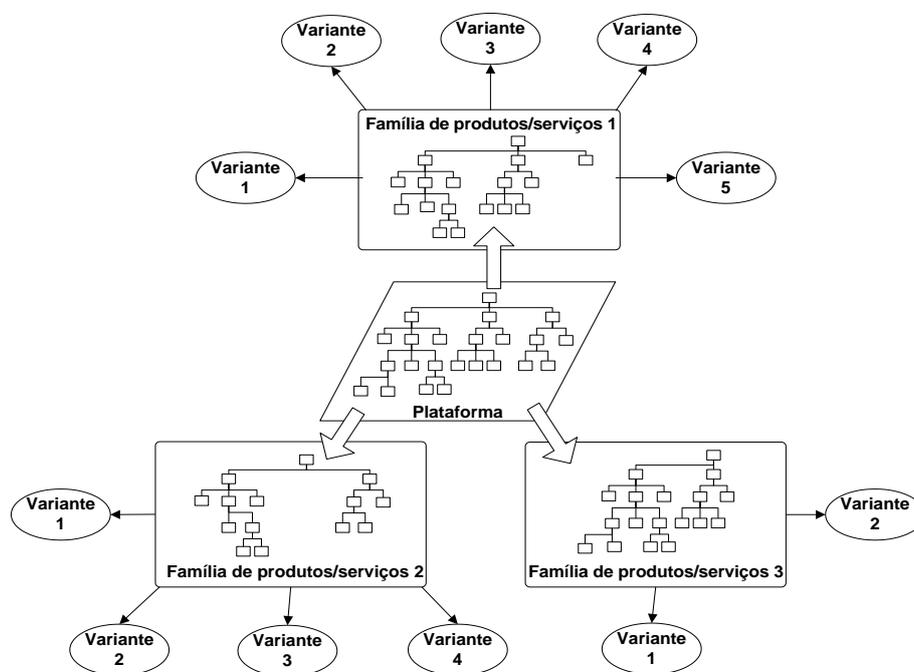


Figura 3.11 – Uma plataforma é partilhada por uma ou mais famílias de produtos/serviços, derivando, a partir desta(s), um conjunto de variantes (adaptado de: Sivard, 2000).

Partilhando um conjunto comum ou reutilizável de elementos de solução, as diferenças entre variantes de uma mesma família de produtos ou serviços podem ser representadas por soluções específicas, em resposta à existência de requisitos únicos de determinado grupo ou segmento de clientes, ou por soluções alternativas à satisfação de um requisito transversal a todos eles (Sivard, 2000).

Ramdas (2003) e Jiao *et al.* (2007) sinalizam três etapas importantes relativamente à variedade de produtos/serviços:

- 1) Planeamento da família de produtos/serviços e do portefólio de variantes.
- 2) Projecto da família de produtos/serviços.

3) Implementação da variedade, através da variedade de processos.

Considere-se a primeira das etapas referidas. As diferenças e particularidades das preferências, necessidades e expectativas entre vários perfis de clientes, as especificidades sócio-culturais e exigências legais em determinados países, regiões e mercados são exemplos de factores que demonstram a importância de planejar correctamente cada família de produtos, ou de serviços, que se pretenda criar ou renovar. De acordo com Jiao *et al.* (2007), o grande desafio desse planeamento passa por conseguir oferecer o cabaz certo de produtos/serviços para os mercados apropriados. Neste contexto, as actividades que se indicam de seguida merecem relevância:

- Definição dos diferentes tipos ou segmentos de clientes, determinação das suas necessidades e expectativas (actuais e futuras) e análise sobre quais delas são comuns à totalidade, ou a parte, desses segmentos e quais são exclusivas de cada um deles.
- Planeamento do portefólio de produtos/serviços que farão parte de uma dada família, o que passa por definir quantas e quais as variantes que a mesma incluirá. Esse plano pode ser multi-geracional, dado que pode também contemplar variantes, e diferentes versões de uma mesma variante, para serem lançadas num momento futuro de tempo.
- Posicionamento de mercado da família de produtos/serviços e das suas variantes. Aqui delineiam-se estratégias sobre os mercados-alvo das diferentes variantes, os níveis de desempenho pretendidos relativamente aos seus atributos de desempenho, funcionalidades, preço, entre outras decisões importantes.
- Estabelecimento dos requisitos de projecto, que permitirão definir os requisitos funcionais e constrangimentos aplicáveis, para a família de produtos/serviços e para cada uma das suas variantes.

Efectuou-se o levantamento bibliográfico para identificar um leque representativo das mais relevantes abordagens relativas ao planeamento de famílias de produtos/serviços e do seu portefólio de variantes; os resultados encontram-se indicados no quadro II.1 do apêndice II.

Relativamente à segunda etapa, o projecto de uma família de produtos/serviços equivale à concepção e desenvolvimento da sua plataforma de base e das variantes que daí derivam (Stäblein *et al.*, 2011). Para Jiao *et al.* (2007), tal como sucede com a concepção e desenvolvimento de um produto individual, nesta etapa assiste-se a um mapeamento entre um conjunto de requisitos funcionais, pertencentes ao domínio funcional, e os parâmetros de projecto, ou elementos de solução, que constam do domínio físico. A principal diferença desse mapeamento é que, no caso de uma família, tem de se considerar o facto de existirem conjuntos comuns, e outros não comuns, de elementos de solução (Gonzalez-Zugasti, 2000), dado o facto de cada variante poder ter subconjuntos próprios de requisitos funcionais e de constrangimentos (Sivard, 2000). A comunidade científica tem produzido diversos trabalhos em torno das actividades de projecto referentes a famílias de produtos (sobretudo produtos físicos e tecnológicos), sendo a maioria deles dirigidos para a concepção, ou reconcepção, e desenvolvimento da plataforma comum às variantes, sem especificar o desenvolvimento destas. O quadro II.2 do apêndice II resume algumas das principais abordagens, identificadas na revisão da literatura, para ajudar à concepção e desenvolvimento de famílias de produtos e/ou de serviços.

Considere-se agora a terceira etapa referida por Ramdas (2003) e Jiao *et al.* (2007). Uma das consequências da variedade de soluções, na forma de produtos ou serviços, de uma mesma família é o aumento exponencial das possíveis variantes associadas ao processo produtivo (Daaboul, 2011) e/ou de fornecimento do serviço. A esse fenómeno é dado o nome de variedade de processos (Zhang e Tseng, 2007). Uma família de processos compreende um conjunto de processos similares alternativos que partilham um conjunto de operações e recursos, isto é, partilham uma mesma plataforma de processo, mas que diferem em alguns blocos/módulos de operações e/ou recursos utilizados consoante a variante do produto ou serviço a realizar (Jiao *et al.*, 2007).

Jiao *et al.* (2007) e Daaboul *et al.* (2011) efectuam uma completa revisão da literatura relativamente às diversas propostas sobre métodos/técnicas que auxiliam na concepção e desenvolvimento de plataformas de processos. A realização eficiente de diferentes produtos ou serviços, ou de múltiplas variantes de uma família de produtos/serviços, exige grande flexibilidade e reconfigurabilidade dos respectivos processos produtivos (Ramdas, 2003; ElMaraghy, 2006). Uma forma de o conseguir é através da organização modular do processo, onde cada módulo/bloco representa um grupo específico e relativamente autónomo de operações ou actividades (Jacobs *et al.*, 2011). Outra forma popular de o obter é através da organização do processo em células de trabalho (Stevenson, 2009). Um outro aspecto importante a considerar no desenho de processos é o de procurar que as actividades ou operações referentes à diferenciação das diversas variantes de uma família de produtos ocorram o mais a jusante possível do processo (Ulrich e Eppinger, 2004).

Yang *et al.* (2004) apresentam uma metodologia que pretende generalizar a concepção e desenvolvimento de plataformas para qualquer tipo de sistema de interesse. A tipificação adoptada pelos autores encontra-se representada na figura 3.12. Pekkarinen e Ulkuniemi (2008) e Moon *et al.* (2010) propõem, em detalhe, abordagens para levar a cabo o projecto de plataformas de serviços. Garud *et al.* (2006) exploram o modo de efectuar o desenho de plataformas organizacionais.

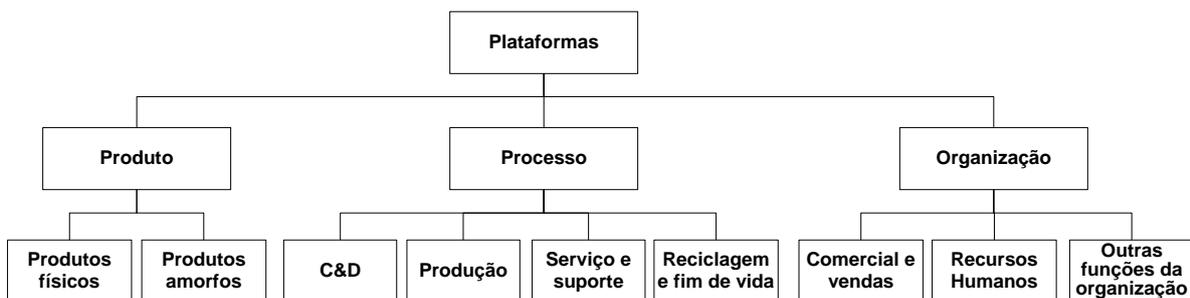


Figura 3.12 – Três domínios da prática do negócio onde podem ser desenvolvidas plataformas (adaptado de: Yang *et al.*, 2004).

3.3.2.2.5. Taxonomia da inovação atendendo à evolução temporal dos requisitos a cumprir pelo sistema de interesse ao longo do seu ciclo de vida

Desenhar e manter sistemas em ambientes dinâmicos, como os que atravessamos, impõe repensar sobre como é que os sistemas podem proporcionar valor a clientes e a outras partes interessadas ao longo do tempo (Ross *et al.*, 2008). Na realidade, seja por contingências de mercado, por imposições

legais, por evoluções tecnológicas, e/ou por outros factores internos ou externos, o conjunto de requisitos que um dado sistema deverá satisfazer, ao longo da sua vida útil, poderá sofrer alterações ao longo de diferentes momentos do tempo (Saleh *et al.*, 2001). Para responder a tais desafios evolutivos, pode proceder-se a uma actualização do sistema, ao lançamento de uma nova versão ou à criação de uma nova variante (Fricke e Schulz, 2005). Outra solução passa por conceber e desenvolver um sistema que tenha a capacidade e flexibilidade necessárias para se ajustar facilmente às alterações temporais dos requisitos (Sivard, 2000).

Tate (1999) caracterizou bastante bem o fenómeno da variedade temporal dos requisitos a cumprir por um sistema, apoiando-se na teoria de Projecto Axiomático. Nesse trabalho, Tate desenvolveu uma escala, composta por cinco categorias, que mede o grau de incerteza acerca dos requisitos funcionais (FRs) que um determinado sistema de interesse tem de assegurar ao longo do seu ciclo de vida. Essas cinco categorias encontram-se ordenadas por ordem crescente de incerteza, conforme se ilustra na figura 3.13, sendo o significado de cada uma também aí descrito. A quinta categoria, que reúne o máximo de incerteza, foi discutida por Suh (1995;1998).

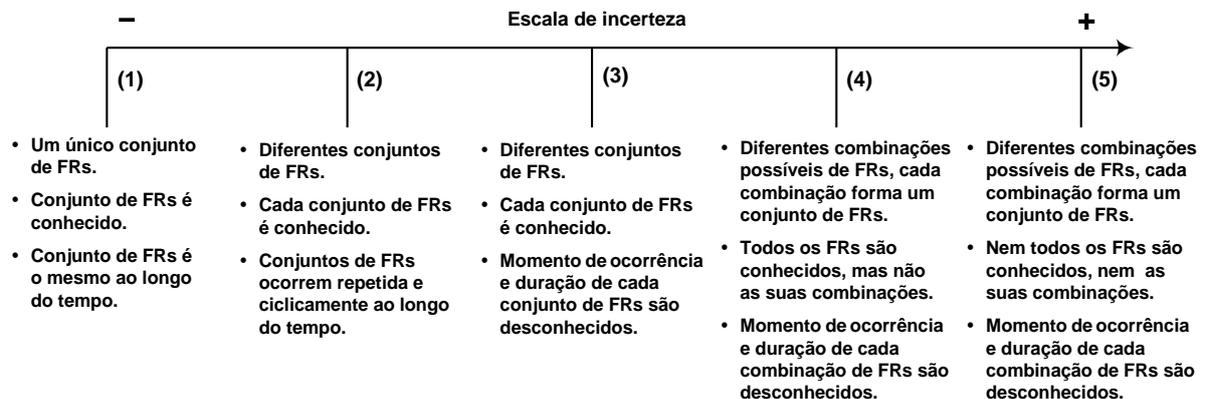


Figura 3.13 – Crescente incerteza acerca do conjunto de requisitos funcionais que um determinado sistema deverá satisfazer ao longo do seu tempo útil de vida, de acordo com Tate (1999).

Melvin (2003) discute o caso em que a alteração temporal nos requisitos funcionais se dá por via dos diferentes valores que as especificações a eles associadas podem assumir. Neste caso, o conjunto de requisitos funcionais permanece fixo ao longo do tempo.

Schulz *et al.* (2000) sublinham a importância de se conseguir projectar um determinado sistema de interesse com uma arquitectura que apoie a introdução de alterações ao longo do seu ciclo de vida. Fricke e Schulz (2005) apresentam, descrevem e distinguem quatro propriedades de um sistema, associadas à facilidade e rapidez com que o mesmo se consegue ajustar a diversas circunstâncias externas, ao longo do tempo, mantendo simultaneamente uma elevada eficácia de funcionamento e de cumprimento dos requisitos aplicáveis em cada instante temporal. Essas propriedades, que se encontram representadas na figura 3.14, são as seguintes:

- **Robustez** – Capacidade de um sistema conseguir manter os níveis de desempenho funcional pretendidos ou requeridos, mesmo quando sujeito às mais variadas condições de operação.

- *Flexibilidade* – Aptidão de um sistema para ser alterado ou ajustado com facilidade, por acção de um agente externo ao sistema, sempre que em determinado momento do tempo se imponha uma mudança nas condições ou requisitos para o seu funcionamento.
- *Agilidade* – Aptidão de um sistema para ser rapidamente alterado ou ajustado, por acção de um agente externo ao sistema, sempre que em determinado momento do tempo se imponha uma mudança nas condições ou requisitos para o seu funcionamento.
- *Adaptabilidade* – Capacidade de um sistema se alterar ou ajustar automaticamente, portanto sem necessitar de intervenção por parte de qualquer agente externo, sempre que em determinado momento do tempo se imponha uma mudança nas condições ou requisitos para o seu funcionamento.

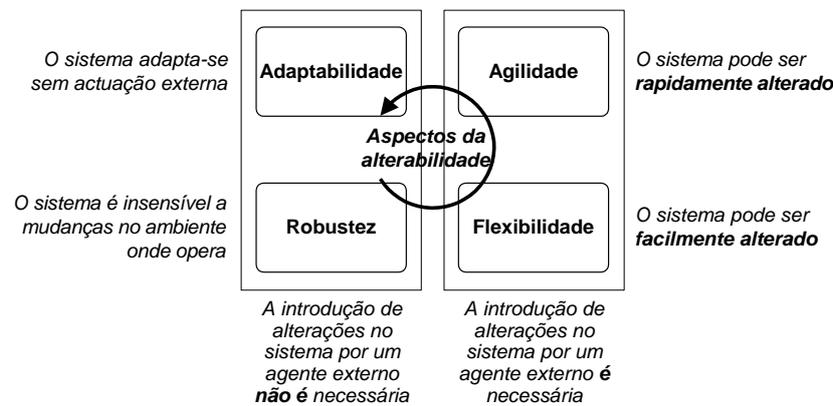


Figura 3.14 – Os quatro aspectos da alterabilidade de um sistema (fonte: Fricke e Schulz, 2005).

Um agente externo pode ser o utilizador que deseje reconfigurar um produto, o operador de uma máquina que pretenda mudar a sequência de operações desta, o coordenador de uma obra que deseje afectar um conjunto de recursos face ao tipo de intervenção a realizar, entre outros exemplos.

3.3.2.3. Valor

O DFSS é uma metodologia sistemática que pretende otimizar o desenho de produtos, serviços e processos, de modo a maximizar o valor para o cliente (Yang, 2005b; Mandelbaum *et al.*, 2010). “Valor” é um conceito relativo, não absoluto, pois depende de quem o perspectiva (Truscott, 2003). De acordo com Lawrence D. Miles, o criador da abordagem da Análise do Valor, na década de 1940, “um produto ou serviço é geralmente considerado como tendo valor se o mesmo tiver desempenho e custo apropriados” (Miles, 1989). Desta forma, o significado de valor pode traduzir-se através da seguinte expressão (Wasserman, 1977, citado em Yang, 2005a):

$$\text{Valor} = \frac{\text{Desempenho}}{\text{Custo}} \quad (3.1)$$

A razão pela qual alguém adquire um produto, qualquer que seja a sua natureza, assenta nas funções que o mesmo desempenha (Miles, 1989; Bytheway, 2007), pois são essas funções que lhe permitirão satisfazer as suas necessidades (Abreu, 1996).



Figura 3.15 – O valor de um produto, percebido, pelo cliente depende do desempenho funcional do mesmo (fonte: Abreu, 1996).

Deste modo e generalizando, aumentar o valor de um determinado sistema, seja este um produto, serviço, processo, ou outra categoria, depende do modo como se consegue melhorar o seu desempenho funcional e/ou reduzir o seu custo (Sperling, 2002). Desta forma, é possível expressar o conceito de valor da seguinte forma:

$$\text{Valor} = \frac{\text{Função}}{\text{Custo}} \quad (3.2)$$

Para além das equações 3.1 e 3.2, a literatura tem sugerido diversas outras expressões para definir o conceito de valor³. Todas as expressões, independentemente dos proponentes, representam uma relação de benefício *versus* prejuízo.

Conforme se referiu anteriormente, o valor atribuído a um determinado sistema depende de quem o percebe. As expressões anteriores correspondem ao valor percebido pelos clientes do sistema. A fórmula seguinte, sugerida por Rainey (2005), expressa a noção de valor por parte do produtor ou fornecedor do sistema:

$$\text{Valor} = \frac{\sum \text{Benefícios} + \sum \text{Efeitos} + \sum \text{Conhecimento}}{\sum \text{Investimentos} + \sum \text{Defeitos} + \sum \text{Encargos}} \quad (3.3)$$

Os benefícios, resultantes da transacção, podem ser tangíveis (e.g. valor monetário recebido) ou intangíveis (e.g. imagem positiva). Os efeitos são benefícios, tangíveis e intangíveis, que apenas são perceptíveis no longo prazo. Conhecimento é um recurso positivo, que se expande com o tempo, pelo facto de contribuir decisivamente para que o sistema se possa diferenciar dos demais, satisfazendo ou até superando as expectativas dos clientes.

No denominador da equação 3.3, a parcela dos investimentos inclui todos os custos de prevenção (e.g. levantamento das necessidades e expectativas dos clientes, minimização do risco de falhas, planeamento dos processos) e avaliação (e.g. testes e ensaios de protótipos, inspecção de controlo da qualidade) incorridos em todo o ciclo de vida do sistema. A parcela dos defeitos corresponde aos custos de não qualidade incorridos, quer interna (e.g. retrabalho, rejeitados) quer externamente (reclamações, indemnizações, accionamentos de garantia, devoluções), devido a problemas de funcionamento, de conformidade, entre outros, do sistema. Os encargos são custos indirectos ou apenas perceptíveis no longo prazo.

Yang e El-Haik (2003) citam Fredriksson (1994) para concluir que, do total dos custos de ciclo de vida de um sistema, cerca de 80% desse total é influenciado pelas decisões que são tomadas na sua

³ Outras propostas de equações expressando o conceito de “valor” podem ser consultadas em Gryna (2001), Creveling *et al.* (2003) e Yang (2005a).

concepção e desenvolvimento. Para os dois autores, também a qualidade de desempenho do sistema, quando já se encontrar em operação, está dependente, em aproximadamente 80%, das decisões referentes à sua concepção e desenvolvimento. Atendendo às considerações anteriores sobre a qualidade e os custos do ciclo de vida, pode concluir-se que o grau de valor incorporado num sistema é determinado, em cerca de 80%, nas suas fases de concepção e desenvolvimento. Dado que o âmbito dos projectos de DFSS se aplica às fases de concepção e desenvolvimento, autores como Tennant (2002a), Yang e El-Haik (2003), Brue e Launsby (2003), Cook (2005) ou Jugulum e Samuel (2008) sublinham a sua importância como instrumento para maximizar a oportunidade de criação de valor.

Kim e Mauborgne (2006) sugerem uma estratégia que denominam por inovação do valor, ou estratégia de “oceano azul”, que pretende desafiar as atitudes mais convencionais relativamente à Análise e Engenharia do Valor. Se nas abordagens mais tradicionais, a Análise/Engenharia do Valor é usada com o objectivo de ganhar vantagens competitivas sobre a concorrência, através da melhoria do desempenho e/ou da redução de custos dos produtos e serviços oferecidos no mercado, a estratégia de inovação do valor enfatiza a procura pela diferenciação através do desenvolvimento eficiente de soluções dirigidas para mercados inexplorados, mas com grande potencial, onde não exista concorrência. Deste modo, o retorno financeiro será maximizado, pois existe espaço para a obtenção de margens significativas de lucro.

3.3.2.4. Função e requisito funcional

O conceito de função assume um papel central na Engenharia de Sistemas (INCOSE, 2004), tal como no DFSS. O termo “função” tem sido percebido de pontos de vista diferentes (Alink, 2005), percepção essa que é fortemente influenciada pelas diferentes metodologias existentes de apoio ao projecto de sistemas (Soderborg, 2002). Chiang *et al.*, (2001) e Tomiyama *et al.* (2009) efectuam, a este respeito, uma revisão da literatura, ficando patente as diferenças entre os modelos funcionais adoptados por diversas metodologias e teorias de projecto de sistemas.

Nas subsecções seguintes, serão aprofundados os seguintes tópicos:

- Definições para os conceitos de “função” e “requisito funcional”.
- Classificação e representação das funções.

3.3.2.4.1. Definições para os conceitos de “função” e “requisito funcional”

O conceito de função é um elemento central que necessita de ser clarificado de forma precisa. Com base no levantamento bibliográfico feito, construiu-se o quadro 3.6, onde constam várias das definições de função, do ponto de vista de um conjunto relevante de abordagens ao projecto de sistemas.

Quadro 3.6 – Diferentes definições para o conceito de “função”, de acordo com um conjunto de abordagens de apoio ao projecto de sistemas.

Referência	Abordagem	Definição para o conceito de “função”
Tomiyama e Yoshikawa (1987)	Teoria Geral do Projecto (GDT – <i>General Design Theory</i>)	Quando uma entidade é exposta a uma circunstância, manifesta-se um comportamento característico correspondente a essa circunstância. A esse comportamento dá-se o nome de função visível. Diferentes comportamentos são observáveis para diferentes circunstâncias. À totalidade desses comportamentos chama-se função latente.
Hubka e Eder (1988)	Teoria dos Sistemas Técnicos	O que um elemento (sistema, componente, módulo, órgão, característica, etc) de um produto faz, activa ou passivamente, com o objectivo de contribuir para a concretização de determinado propósito.
Pahl e Beitz (1996)	Pahl e Beitz	Relação geral entre as entradas (<i>inputs</i>) e saídas (<i>outputs</i>) de um sistema, cujo propósito é desempenhar uma tarefa. Uma função expressa a transformação de energia, matéria e/ou informação e/ou sinal que ocorre num sistema.
Ullman (2002)	Processo de Projecto Mecânico	Fluxo lógico de energia (incluindo forças estáticas), material ou informação entre objectos ou a alteração de estado de um objecto causado por um ou mais fluxos.
Dardy e Teixido (2003)	Normas FD X50-101 e NF X50-151	Uma acção de um produto ou de um dos seus componentes, expressos em termos de finalidade.
INCOSE (2004)	Engenharia de Sistemas	Uma tarefa, acção, ou actividade que tem de ser desempenhada para atingir um resultado pretendido.
Albers <i>et al.</i> (2006)	C&CM (<i>Contact and Channel Model</i>)	Forma neutra de descrever a relação de entradas-saídas que ocorrem num sistema.

Uma função consiste, portanto, numa acção ou actividade que um determinado produto, serviço, processo, ou outra tipologia de sistema, desempenha ou realiza, com o propósito de atingir um objectivo definido ou cumprir um requisito pré-determinado. Tal objectivo, ou requisito, deriva de uma ou mais necessidades e expectativas manifestadas pelos clientes ou utilizadores desse sistema e/ou por outras partes interessadas no mesmo (Gumus, 2005).

A forma como uma função é formulada é da maior importância. Autores como Miles (1989), Abreu (1996), e Bytheway (2007), todos eles ligados à disciplina de Análise e Engenharia do Valor, recomendam que uma função seja enunciada atendendo às seguintes regras:

- Deve ser utilizado um verbo de acção e um substantivo. “Fornecer energia eléctrica”, “transportar mercadoria”, “armazenar água”, “sustentar estrutura” são exemplos de funções.
- Sempre que possível, o substantivo deve estar associado a um parâmetro mensurável. Por exemplo, a função “indicar temperatura” associa a métrica graus Celcius.
- Deve ser formulada de forma neutra, isto é, não deve apontar para nenhuma solução particular. Por exemplo, em vez de “medir comprimento e altura da parede com fita-métrica”, deverá apenas dizer-se “medir comprimento e altura da parede”, pois existem outras soluções, para além da fita-métrica, que permitem realizar a função.

Já se viu que uma dada função é desempenhada para que se possa atingir um determinado objectivo, e que este deriva das necessidades, expectativas e requisitos dos clientes e/ou de outras partes interessadas. Esse objectivo deve ser especificado, de modo a que se possa verificar se a função

desempenhada pelo sistema foi capaz de o satisfazer (Gumus, 2005). Assim, o objectivo de uma função deverá ser acompanhado de uma especificação, ou definição operacional, que constitua um padrão de aceitação/rejeição claro, não ambíguo e mensurável ou observável (Ginn e Varner, 2004).

À descrição de uma função, acompanhada da sua especificação, dá-se o nome de requisito funcional (Sellgren e Andersson, 2005). Se a característica associada ao requisito funcional for uma variável contínua, a especificação aparece tipicamente na forma de um valor-alvo e/ou de uma tolerância, a qual pode ser bilateral ou unilateral. Caso se trate de uma variável discreta ou qualitativa, deverão ser especificados, de forma clara, não ambígua e observável, os atributos a cumprir. Em projectos de DFSS, as características associadas aos requisitos funcionais costumam chamar-se de características críticas para a qualidade (CTQC – *Critical to Quality Characteristics*).

Os quadros 3.7 e 3.8 exemplificam a formulação de dois requisitos funcionais. O primeiro exemplo refere-se a um requisito funcional cuja característica associada pode ser modelada através de uma variável contínua. No outro exemplo, a variável é discreta, pelo que a definição operacional é constituída por um conjunto de atributos verificáveis de forma clara e não ambígua.

Quadro 3.7 – Exemplo de requisito funcional para um processo de facturação de uma organização, em que a característica associada é modelada através de uma variável contínua.

Requisito funcional	Emitir facturas no prazo máximo de 24 horas.
Característica associada	Tempo de emissão de facturas.
Métrica	Unidade de tempo.
Tipo de variável	Contínua.
Definição operacional	No máximo 24 horas entre a conclusão do trabalho e a emissão da factura.

Quadro 3.8 – Exemplo de requisito funcional para um processo de facturação de uma organização, em que a característica associada é modelada através de uma variável discreta.

Requisito funcional	Emitir facturas com todos os campos correctamente preenchidos.
Característica associada	% de facturas emitidas bem preenchidas.
Métrica	Percentagem.
Tipo de variável	Atributos.
Definição operacional	Factura está correcta quando: <ul style="list-style-type: none"> • Todos os dados sobre o cliente estão correctamente identificados. • Toda a informação sobre a encomenda corresponde ao pedido. • Todos os valores sobre o pagamento correspondem ao acordado.

Na teoria do Projecto Axiomático, uma abordagem frequentemente usada durante a realização de um projecto de DFSS, os requisitos funcionais são definidos como sendo um conjunto mínimo e independente de requisitos que caracterizam inteiramente as necessidades funcionais de um produto (Suh, 1990; 2001; 2005). Novamente, esta definição aplica-se a qualquer tipo de sistema.

3.3.2.4.2. Classificação e representação das funções

Nem todas as funções desempenhadas por um sistema fornecem o mesmo grau de utilidade ao cliente ou utilizador, nem visam um mesmo tipo de finalidade (Eder e Hosnedl, 2008). Por este motivo,

é importante definir uma estrutura para classificar os diferentes tipos de funções (Coatanéa, 2005). Nesta subsecção, descrevem-se várias das propostas, constantes na literatura, para classificar os diferentes tipos de funções inerentes a um determinado sistema.

Funções na Análise e Engenharia do Valor

A disciplina de Análise e Engenharia do Valor classifica as funções de um produto, independentemente da sua natureza, em torno de dois tipos (Miles, 1989; Yang, 2005a; Bytheway, 2007):

- *Função básica* – É a principal finalidade do produto, a razão da sua existência. Por este motivo, a função básica tem que sempre estar presente e não pode ser alterada. Por exemplo, “permitir efectuar e receber chamadas em qualquer local” é uma função básica de um telefone móvel, seja ele de primeira ou de última geração. Um produto pode possuir mais do que uma função básica. É também conhecida por função primária.
- *Função secundária* – Complementa a função básica, acrescentando utilidade ao produto. Muitas vezes existe apenas por causa da solução que foi escolhida para desempenhar a função básica. As funções secundárias podem ser modificadas, combinadas ou eliminadas. Por exemplo, a função “aceder à *Internet*” é uma função secundária de um telefone móvel de terceira e quarta gerações, não existindo nas gerações anteriores.

Abreu (1996) acrescenta a *função desnecessária*, aquela cuja ausência não afecta negativamente o valor percebido pelo cliente, embora possa ser realizada pelo produto. Uma função pode contudo ser desnecessária para um tipo de cliente, mas não sê-la para outro.

A tipologia anterior classifica as funções quanto à necessidade, mas a Análise e Engenharia do Valor também propõe uma classificação das funções quanto ao tipo de aplicação:

- *Função de uso* – É inerente à utilização, acção ou operação do produto, sendo aquela que o cliente deseja ver desempenhada. Por exemplo, “facilitar visão” é uma função de uso desempenhada pelo sistema/produto óculos.
- *Função de estima* – Está relacionada com as necessidades afectivas e comportamentais do utilizador ou cliente. As funções de estética e estilo enquadram-se neste tipo de função. Está associada a factores psicológicos resultantes dos cinco sentidos sensoriais. Por exemplo, “enfeitar rosto” é uma função de estima do produto óculos.

A FAST (*Functional Analysis System Technique*) é uma importante técnica oriunda da Análise e Engenharia do Valor, que utiliza a lógica intuitiva para estudar as relações entre as funções, recorrendo a três questões: “Como?”, “Porquê?” e “Quando?” (Wixson, 1999). Em particular, esta técnica é útil para relacionar funções que se encontrem em níveis de detalhe diferentes, facilitando a decomposição das funções de ordem superior em funções de ordem inferior.

A relação lógica entre as funções é disposta num diagrama FAST, como aquele representado na figura 3.16, ou numa árvore FAST onde as funções de diferentes níveis de abstracção são dispostas na vertical. O diagrama e a árvore FAST contêm a mesma informação.

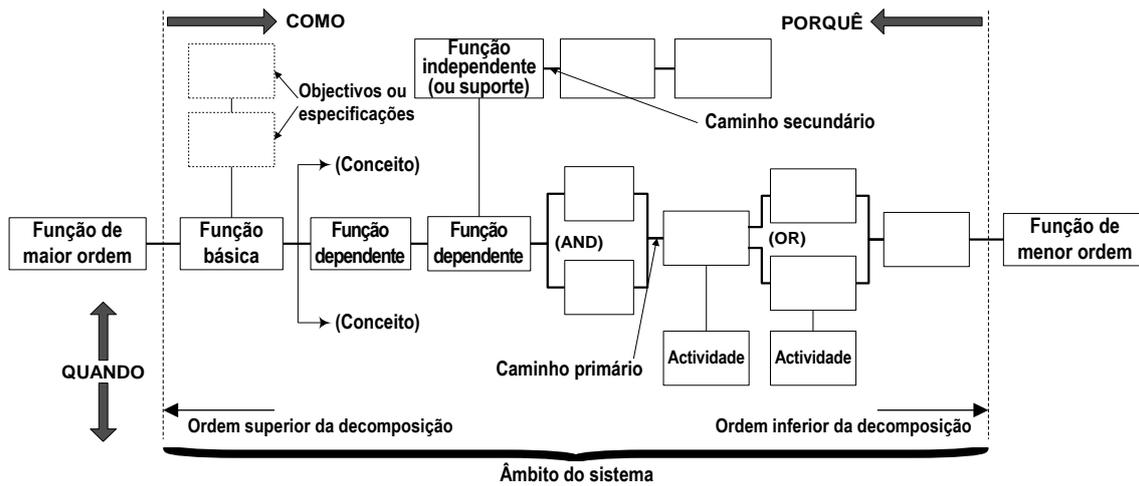


Figura 3.16 – Diagrama FAST (fonte: Yang, 2005a).

A construção de um diagrama FAST compreende os seguintes passos (El-Haik e Roy, 2005):

- 1) Definir o âmbito do processo conceptual. Neste passo define-se claramente qual o sistema de interesse a conceber e a desenvolver. O diagrama FAST conterá apenas as funções relativas ao sistema de interesse. O sistema de interesse poderá fazer parte de um sistema mais lato (ver secção 3.3.2.1), mas as funções deste último não serão representadas.
- 2) Identificar a(s) função(ões) básica(s) do sistema. Tal como se referiu nesta secção, uma função básica corresponde a uma função sem a qual o sistema de interesse não existe. Sistemas simples (e.g. lápis, cadeira, copo) terão uma única função básica, mas sistemas de uma maior dimensão/escala (e.g. automóvel, edifício) terão mais do que uma função básica.
- 3) Aplicar as seguintes questões lógicas, a partir de cada função básica:
 - i) Como é que a função é realizada?
 - ii) Por que motivo a função é realizada?
 - iii) Quando é que a função é realizada?
 - iv) Que elemento de solução desempenha a função?

A lógica intuitiva “Como-Porquê” assume uma importância central no diagrama FAST. Perguntar o “porquê” de uma função existir, equivale a responder sobre qual o objectivo dessa função e corresponde a um maior nível de abstracção (Kaufman, 1998). A questão “como”, permite detalhar o modo como a função é desempenhada e corresponde a um menor nível de abstracção, ou maior grau de detalhe. No diagrama FAST, uma função à direita responde à questão de “como” a função imediatamente à sua esquerda pode ser realizada. No sentido inverso, a função à esquerda permite responder à pergunta de “porquê” a função imediatamente à sua direita é realizada. Um exemplo deste raciocínio encontra-se patente na figura 3.17.



Figura 3.17 – Exemplo de aplicação da lógica “Como-Porquê” a um produto de calçado.

Para além da função básica anteriormente definida, o diagrama FAST contempla os seguintes tipos de funções (Yang, 2005a; Bytheway, 2007):

- *Função dependente* – A começar pela primeira função à direita de uma função básica, as sucessivas funções que se encontrem ao longo do caminho primário são dependentes da função imediatamente à sua esquerda. A função que se encontre imediatamente à direita de uma função de suporte/independente e as sucessivas funções que se encontrem à direita ao longo do mesmo caminho secundário também são funções dependentes da função imediatamente à sua esquerda.
- *Função independente ou de suporte* – Potencial função dependente mas que, pelo facto de não cumprir a lógica intuitiva no sentido “Como”, não pertence ao caminho primário. É colocada acima do caminho primário e é considerada secundária, ou auxiliar, relativamente ao âmbito ou objecto do projecto do sistema de interesse. Uma função de suporte resulta, frequentemente, da solução escolhida para satisfazer uma outra função. Para identificar funções de suporte ao longo do caminho primário, pode efectuar-se a seguinte pergunta: “quando esta função é desempenhada, que outras funções têm de ser realizadas?”. Novas funções de suporte podem derivar de caminhos secundários existentes no diagrama.
- *Função de maior ordem* – É também denominada por função objectivo. É a razão pela qual a função básica é desempenhada. Qualquer função à esquerda, num determinado caminho, é considerada uma função de ordem superior relativamente às que se encontram à sua direita.
- *Função de menor ordem* – Função de menor ordem, pertencente ao caminho primário, que fica mais à direita no Diagrama FAST, não sendo abrangida pelo âmbito da descrição funcional do sistema de interesse.

Todas as funções que estejam à direita da(s) função(ões) básica(s) descrevem o “conceito” escolhido para satisfazer essa(s) função(ões) básica(s) (Yang, 2008). Os “objectivos ou especificações” são parâmetros ou requisitos de desempenho que têm de ser cumpridos para satisfazer a função de maior ordem. Embora os objectivos ou especificações não sejam funções, podem desempenhar um papel importante na escolha do conceito para satisfazer a(s) função(ões) básica(s) (Yang, 2005a). Uma “actividade” encontra-se abaixo do caminho principal e é o método ou solução para desempenhar uma determinada função, permitindo responder à questão “o quê?”, isto é, que mecanismo desempenha a função (El-Haik e Roy, 2005). O Diagrama FAST incorpora também os operadores lógicos “AND” e “OR”. O símbolo lógico “AND” significa que duas ou mais funções ocorrem em simultâneo. O símbolo lógico “OR” origina pelo menos duas funções dependentes alternativas.

Funções na abordagem de Pahl e Beitz

Na abordagem de Pahl e Beitz (1996), uma função descreve a relação existente entre um conjunto de fluxos de entrada e saída que têm lugar num determinado sistema. Os autores identificam três tipos de fluxos: energia, matéria e sinal ou informação. Assim, uma função expressa uma determinada transformação de energia, matéria e/ou sinal/informação que ocorre dentro do sistema. A abordagem de Pahl e Beitz, representativa da escola alemã a nível da disciplina de Engenharia de Projecto

(*Design Engineering*), ou Engenharia da Concepção, é muito focada nos produtos electromecânicos; no entanto a sua visão pode facilmente ser estendida a outros tipos de sistemas. De facto, o conceito de função apresentado é semelhante à própria definição de processo, cujo objectivo é transformar entradas em saídas, as quais vão satisfazer os requisitos de cliente(s) interno(s) e/ou externo(s). Tal significa que o funcionamento de um produto, como por exemplo um automóvel ou um computador pessoal, pode ser concebido, desenvolvido e gerido como um processo.

A figura 3.18 representa a estrutura funcional, segundo a abordagem de Pahl e Beitz (1996), a qual é composta por uma função geral e por subfunções:

- *Função geral* – É a formulação abstracta, e independente de qualquer solução, da tarefa global do sistema através da relação entre as suas entradas e saídas. A função geral pode ser dividida ou decomposta em várias subfunções mais específicas.
- *Subfunção* – Deriva da decomposição da função geral. A relação entre a função geral e as subfunções está muitas vezes condicionada por certos constrangimentos ou restrições. As subfunções podem também ser decompostas noutras subfunções. Existem geralmente várias possibilidades de interrelacionar as subfunções para assim criar variantes diferentes.

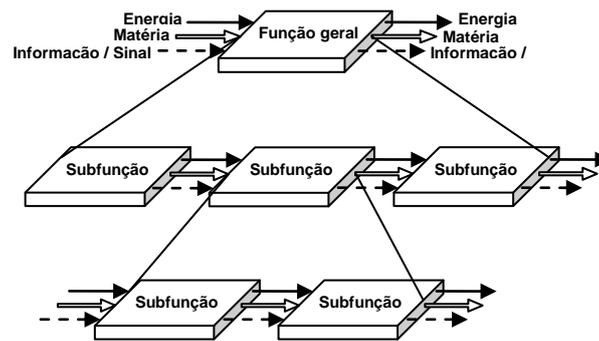


Figura 3.18 – Estrutura funcional de acordo com a abordagem de Pahl e Beitz (1996).

Cada subfunção, por sua vez, pode ser de um de dois tipos:

- *Função principal* – Aquela que contribui directamente para a realização da função geral.
- *Função auxiliar* – Aquela que contribui de forma indirecta para a realização da função geral, tendo um carácter complementar.

Funções na Teoria de Resolução de Problemas Inventivos (TRIZ)

Na abordagem TRIZ, uma função é geralmente descrita em três partes: um sujeito, um verbo e um objecto (Yang, 2008). Por exemplo, a função básica de um martelo pode ser descrita como “inserir prego” e a sua representação encontra-se ilustrada na figura 3.19. Num sistema técnico, a acção é normalmente conseguida por via de um campo, tal como um campo eléctrico, mecânico, químico, ou outro (Yang, 2005a). Hirtz *et al.* (2002) identificam e classificam vários tipos de campos. Para o exemplo anterior, a acção de inserir o prego é feita por via mecânica, pelo que a representação funcional pode incluir a indicação do campo. A modelação e análise funcional na TRIZ podem também ser feitas através do modelo de Substância-Campo (Su-Field) (Hu *et al.*, 2000).

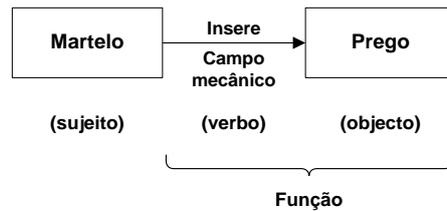


Figura 3.19 – Exemplo de um diagrama funcional, na abordagem TRIZ, para a função “inserir prego”.

Na TRIZ, as funções podem ser tipificadas de acordo com o efeito (benéfico ou prejudicial) que a sua acção provoca (Savransky, 2000):

- *Função útil* – Aquela que provoca a acção pretendida. Há três tipos de funções úteis:
 - *Função útil normal* – Significa que a forma como a função útil é desempenhada assegura a satisfação dos objectivos especificados.
 - *Função útil insuficiente* – Significa que a forma como a função útil é desempenhada não é suficiente para atingir os objectivos especificados.
 - *Função útil excessiva* – Significa que a função útil é desempenhada de uma forma incorrecta e/ou abusiva, não permitindo que os objectivos especificados sejam alcançados, podendo até originar funções nocivas.
- *Função nociva* – Aquela que provoca um efeito que não é desejado face ao propósito.
- *Função neutra* – Aquela que não provoca nenhum efeito indesejado, mas que também não satisfaz nenhum objectivo.

Num diagrama funcional, estas funções obedecem a uma simbologia própria, conforme se indica na figura 3.20. Para ilustrar a sua aplicabilidade, considere-se o mesmo exemplo do martelo. Como se pode observar na figura 3.21, a função “inserir prego”, ao ser incorrectamente realizada, vai provocar a ocorrência da função nociva “magoar dedos da mão do carpinteiro”.



Figura 3.20 – Representação dos vários tipos de funções num diagrama funcional TRIZ.

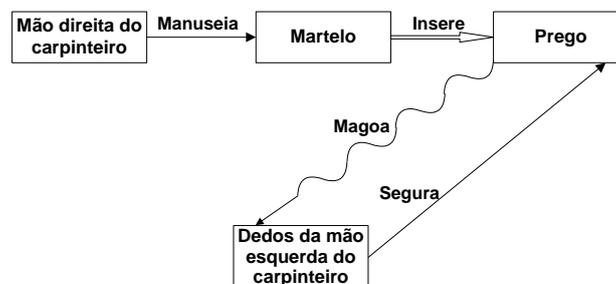


Figura 3.21 – Exemplo de uma função útil excessiva (martelo não acerta correctamente na cabeça do martelo e este não é inserido conforme o requerido) que origina uma função nociva (dor nos dedos provocada por embate do martelo, dado este não ter acertado na cabeça do prego).

A TRIZ estabelece ainda a seguinte categorização das funções:

- *Função básica* – Também conhecida por função primária, função maior, ou ainda por função principal. De todas as funções realizadas por um sistema técnico, esta é a mais importante, pois trata-se da razão da existência desse sistema técnico.
- *Função básica secundária* – Função desejada pelos clientes, mas que não é a razão principal da existência do sistema técnico. Por vezes, denomina-a apenas por função secundária.
- *Função não básica mas benéfica* – É um tipo de função associada a factores de estima, psicológicos, de conveniência e a outras considerações subjectivas.
- *Função de suporte* – Tem por objectivo contribuir para que os objectivos de desempenho desejados para as funções úteis sejam alcançados.
- *Função auxiliar* – Assegura a realização da função básica e das funções básicas secundárias. Quando existem vários níveis de decomposição, assegura a realização das funções de ordem superior. Pode resultar das escolhas efectuadas para satisfazer a função básica e as funções básicas secundárias.

Funções no modelo C&CM (*Contact and Channel Model*)

O modelo C&CM tem vindo a ser desenvolvido, desde 1999, pelo Instituto de Desenvolvimento do Produto da Universidade de Karlsruhe (IPEK), na Alemanha e foi pela primeira vez divulgado por Albers e Matthiesen em 2002 (Albers *et al.*, 2009). No cerne desta abordagem encontra-se a atribuição ordenada das funções de um produto à sua forma física, estimulando, desta forma, o pessoal responsável pelo desenvolvimento do produto a romper com representações rígidas e pré-concebidas dos produtos (Alink, 2005), aumentando a capacidade criativa e o potencial de inovação da solução final.

Os elementos básicos deste modelo são definidos de seguida (Albers *et al.*, 2010):

- *Pares de Superfície de Trabalho (WSP – Working Surface Pairs)* – Interfaces entre dois componentes do produto, ou entre um componente deste e o seu ambiente. Cada interface corresponde ao contacto, permanente ou ocasional, entre duas superfícies de trabalho. Uma superfície de trabalho pode tratar-se de uma superfície sólida de um corpo, ou do limite de um campo ou de uma substância líquida, gasosa ou amorfa. Os Pares de Superfície de Trabalho participam na transformação do fluxo de energia, material e/ou informação que tem lugar no sistema técnico.
- *Estruturas de Canal e Suporte (CSS – Channel and Support Structures)* – Componentes físicos, volumes líquidos ou gasosos, ou espaços que interligam exactamente dois WSPs. Podem transferir fluxos de energia, material e/ou informação de um WSP para o outro, ou armazenar esses mesmos fluxos.

De acordo com o modelo C&CM, qualquer função técnica ou de uso de um produto necessita, para ser desempenhada, de WSPs e de uma CSS a ligá-los. Para exemplificar o raciocínio, considere-se novamente a função “inserir prego” desempenhada pelo sistema técnico martelo. A descrição funcional, de acordo com o modelo C&CM, encontra-se representada na figura 3.22.

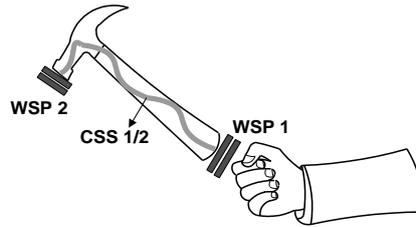


Figura 3.22 – Representação da função “inserir prego” de acordo com o modelo C&CM.

Nesta figura, verifica-se o seguinte:

- O primeiro Par de Superfície de Trabalho, simbolizado por WSP1, corresponde ao interface entre o cabo do martelo e a mão do carpinteiro.
- O segundo Par de Superfície de Trabalho, simbolizado por WSP2, corresponde ao interface entre a base plana da cabeça do martelo e a cabeça do prego a ser inserido.
- A ligação entre WSP1 e WSP2, que compreende o cabo do martelo e a base plana da cabeça do martelo, corresponde a uma Estrutura de Canal e Suporte, simbolizada por CSS1/2.
- A função “inserir prego” só é desempenhada quando o carpinteiro que segura o cabo do martelo (WSP1), transmite o movimento até à cabeça do martelo (CSS1/2), de modo a que a sua base plana atinja a capeça do prego (WSP2).

Funções na teoria do Projecto Axiomático

Na abordagem tradicional do Projecto Axiomático, não se explicita a distinção entre diferentes tipos de funções (Coatanéa, 2005). Esta teoria, entre outras boas práticas de projecto, promove a independência na satisfação dos requisitos funcionais de um dado sistema. No trabalho desenvolvido por Hintersteiner (1999), o autor considera que as transformações de entradas-saídas, que têm lugar no nível superior da hierarquia funcional, podem ser desdobradas em três categorias de funções:

- *Função de processo* – Está associada à transformação de energia, matéria e/ou sinal que ocorre num sistema. Um caso específico deste tipo de função é a *função de transporte*.
- *Função de comando e controlo* – É usada para representar a lógica necessária à programação das diferentes funções de processo e coordenação entre elas, em cada nível da decomposição ou hierarquia funcional do sistema.
- *Função de suporte e integração* – Actua como uma estrutura de apoio e interligação entre os diversos subsistemas e lógicas de controlo do sistema, unindo-os de uma forma coerente.

3.3.2.5. Constrangimento

Dardy e Teixeira (2003) definem constrangimento como uma função que limita ou condiciona a liberdade de quem toma decisões relativamente à concepção de um produto. Esta definição pode ser generalizada para o caso de qualquer outro tipo de sistema. No âmbito da disciplina de Engenharia de Sistemas, a INCOSE (2004) refere que a definição de constrangimentos nas actividades de projecto

constitui um reconhecimento sobre as limitações inerentes ao dimensionamento e capacidades do sistema, aos seus interfaces e ao seu ambiente operacional e físico.

De acordo com Otto e Wood (2001), os requisitos técnicos ou de projecto de um produto enquadram-se em duas categorias: requisitos funcionais e constrangimentos (figura 3.23). Ambos derivam das necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas. Tate (1999), Gumus (2005) e Brown (2006b) também sublinham a importância de saber distinguir correctamente o conceito de requisito funcional e o de constrangimento, pese embora tal tarefa não seja fácil.



Figura 3.23 – Das necessidades e expectativas dos clientes à determinação dos requisitos funcionais e constrangimentos, segundo Otto e Wood (2001).

De acordo com a teoria de Projecto Axiomático, constrangimentos são requisitos que delimitam as soluções conceptuais consideradas viáveis, mas diferem dos requisitos funcionais pelo facto de não terem que ser independentes (Suh, 2001) uns dos outros. Autores como Malmqvist (1995), Hintersteiner (1999), Tate (1999), Gumus (2005) e Gumus *et al.* (2008) discutem as principais diferenças entre requisitos funcionais e constrangimentos.

Suh (2001) distingue dois tipos de constrangimentos:

- *Constrangimentos de entrada (Input constraints)* – Derivam de objectivos e especificações gerais para o desenho/projecto do sistema, pelo que todos os conceitos alternativos têm que ser capazes de os satisfazer. Limites de peso e/ou dimensionais para o sistema, regulamentos ambientais e/ou de segurança, limites de custos, entre outros, são disso exemplo.
- *Constrangimentos de sistema (System constraints)* – São específicos para uma determinada solução conceptual para o sistema. Resultam de decisões conceptuais tomadas para o sistema. Por exemplo, uma decisão sobre o tipo de motor a usar num modelo de automóvel provoca constrangimentos nas decisões conceptuais a tomar durante o desenvolvimento de outros subsistemas do automóvel (e.g. sistema de combustível).

Hintersteiner e Friedman (1999) e Tate (1999) preferem classificar os constrangimentos em torno das seguintes cinco categorias:

- *Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)* – Dizem respeito ao conjunto de constrangimentos cujo cumprimento ditará o sucesso ou insucesso do sistema a desenvolver, pelo facto de envolver as métricas ou os indicadores críticos à satisfação dos clientes. São constrangimentos que têm frequentemente especificações a eles associadas, constituídas por valores-alvo e tolerâncias.

- *Constrangimentos de interface (Interface constraints)* – Tipo de requisitos que descrevem o modo como o sistema tem de interagir com o seu ambiente externo e com outros sistemas de interface. Inclui imposições nas entradas e saídas que o sistema tem de aceitar, tais como questões relativas à manutibilidade do sistema (e.g. interface com os técnicos de manutenção, operadores e/ou utilizadores facilitam as operações de manutenção), aos tipos de ligações ou conexões requeridas (e.g. necessidade de ligação para cabo tipo USB, exigências de níveis de corrente), a requisitos ergonómicos e de *user-friendly*, a elementos específicos ou opcionais desejados pelos clientes, a condições de segurança para pessoas e bens, ou ainda a exigências sobre a minimização dos impactos sobre o ambiente.
- *Constrangimentos globais (Global constraints)* – Tipo de constrangimentos com potencial para afectar a totalidade (ou uma fracção significativa) dos parâmetros de projecto, ou elementos de solução, do sistema. Limitações de peso, dimensões, custos, entre outros factores ou propriedades aplicáveis a todo o sistema, são disso exemplos.
- *Constrangimentos de projecto (Project constraints)* – Dizem respeito às condições e/ou restrições inerentes às funções organizacionais envolvidas no projecto de concepção e desenvolvimento, aos recursos afectos a esse projecto, aos objectivos estipulados e ao calendário de actividades programado para o mesmo.
- *Constrangimentos de recursos (Feature constraints)* – Restrições que se aplicam à escolha de determinados elementos de solução, ou parâmetros de projecto. Muitas vezes ocorrem por imposição externa, quando um cliente ou um requisito legal explicita exactamente qual o elemento de solução que pretende, mas também podem ter origem interna (e.g. normalização de componentes, ordens da área de engenharia). Podem também emergir de decisões conceptuais tomadas algures no desenvolvimento do sistema.

Outras categorizações de constrangimentos são propostas por Pahl e Beitz (1996), Johannesson (2004) e Gumus *et al.* (2008).

3.3.2.6. Elemento de solução

O processo de concepção e desenvolvimento de um sistema envolve uma contínua interacção entre a determinação dos requisitos a cumprir pelo sistema e a definição dos elementos de solução que os permitem satisfazer (INCOSE, 2004). Este raciocínio equivale a um mapeamento entre um espaço, ou domínio, contendo os requisitos para o sistema e um segundo domínio onde constam os elementos de solução que permitirão ao sistema cumprir tais requisitos (figura 3.24). Um elemento de solução pode tratar-se de *hardware*, *software*, princípios de funcionamento, propriedades, ou qualquer outro tipo de recurso, independentemente da sua natureza ou morfologia (Beiter *et al.*, 2006).

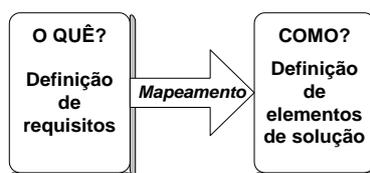


Figura 3.24 – Conversão de requisitos em elementos de solução (adaptado de: INCOSE, 2004).

Os requisitos a satisfazer pelo sistema são normalmente definidos a nível da funcionalidade pretendida e das restrições impostas, o que é modelado, respectivamente, em termos de requisitos funcionais e de constrangimentos (Johannesson, 2004). O termo “elemento de solução” aparece na literatura com várias designações alternativas. Por exemplo, a teoria de Projecto Axiomático adopta o termo “parâmetro de projecto”, a abordagem de Pahl e Beitz usa “princípio de solução”, enquanto que a Teoria dos Sistemas Técnicos de Hubka e Eder utiliza a designação “orgão”.

O raciocínio espelhado na figura 3.24 é semelhante ao da Teoria Geral de Projecto (GDT). De acordo com esta teoria, as funções e as especificações de desempenho, que derivam das necessidades das pessoas (por exemplo de clientes), são mapeadas e convertidas, sob determinados constrangimentos, em soluções de projecto. Tal equivale ao mapeamento entre um espaço de funções e um espaço de atributos (Tomiyama *et al.*, 2009), conforme se ilustra na figura 3.25.

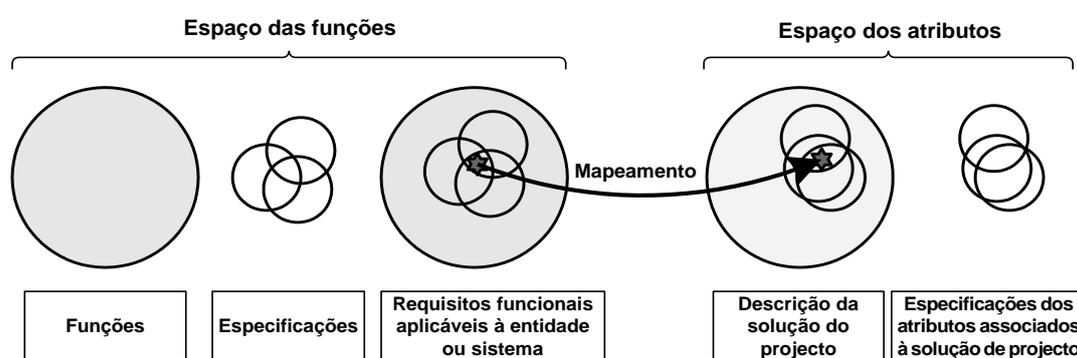


Figura 3.25 – Processo conceptual de acordo com a GDT (adaptado de: Tomiyama *et al.*, 2009).

Face a um conjunto de requisitos funcionais a satisfazer e de constrangimentos a considerar, existem, normalmente, diferentes conceitos alternativos, isto é, diferentes tipos e combinações de elementos de solução, para o sistema a desenvolver, capazes de cumprir esses dois conjuntos de condições. O processo conceptual do desenvolvimento de produtos, serviços, processos ou outra qualquer tipologia de sistema envolve duas actividades fundamentais interligadas:

- *Geração de possíveis conceitos* – Actividade predominantemente criativa, cujo objectivo passa por identificar um leque o mais alargado possível de alternativas. Como forma de auxiliar nesta actividade, várias técnicas têm sido sugeridas, como são exemplo a matriz morfológica (El-Haik, 2005; Beiter *et al.*, 2006), o *brainstorming* clássico (Rainey, 2005), as técnicas de *assumption busting* (Ginn e Varner, 2004) ou ainda a árvore de classificação de conceitos (Ulrich e Eppinger, 2004).
- *Avaliação dos conceitos alternativos e selecção do melhor deles* – Os conceitos viáveis gerados anteriormente são agora avaliados, atendendo a um determinado conjunto de critérios pré-definidos. De acordo com Augustine *et al.* (2010), o método de Pugh, as técnicas de decisão multi-critério (e.g. AHP, optimização multi-critério), o QFD e os métodos apresentados por Pahl e Beitz (1996) e por Ulrich e Eppinger (2004) estão entre as abordagens mais utilizadas na avaliação e selecção de conceitos. Okudan e Tauhid (2008) efectuam uma aprofundada revisão da literatura acerca dos métodos/técnicas mais relevantes sobre esta temática, propostos entre 1980 e 2008.

A teoria de Projecto Axiomático compreende dois axiomas (axioma da independência e axioma da informação), que se revestem de grande utilidade na análise dos conceitos propostos, auxiliando na selecção do melhor deles:

- 1) *Axioma 1: Axioma da Independência* – Manter a independência dos requisitos funcionais.

Este axioma indica que quando existirem dois ou mais requisitos funcionais (FR – *functional requirements*) a satisfazer pelo sistema, a escolha dos elementos de solução, designados por parâmetros de projecto (DP – *design parameters*), deverá ser tal que cada FR possa ser satisfeito sem afectar ou interferir com os outros FRs.

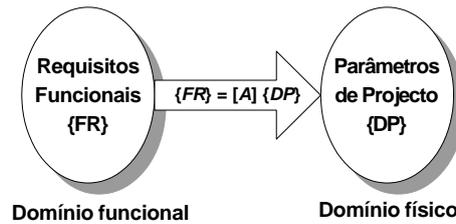


Figura 3.26 – Mapeamento entre os domínios funcional e físico (adaptado de: El-Haik, 2005).

O mapeamento entre o domínio funcional, que contém os FRs, e o domínio físico, que contém os DPs, pode ser matematicamente representado através da seguinte equação:

$$\{\mathbf{FR}\} = [\mathbf{A}]\{\mathbf{DP}\} \quad (3.4a)$$

em que:

$\{\mathbf{FR}\}$ – Matriz-vector dos requisitos funcionais.

$[\mathbf{A}]$ – Matriz de projecto que relaciona os FRs com os DPs.

$\{\mathbf{DP}\}$ – Matriz-vector dos parâmetros de projecto.

Havendo m FRs e n DPs, a equação anterior pode ser reescrita da seguinte forma:

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ \vdots \\ FR_i \\ \vdots \\ FR_m \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{11} & \dots & A_{1j} & \dots & A_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{i1} & \dots & A_{ij} & \dots & A_{in} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{m1} & \dots & A_{mj} & \dots & A_{mn} \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ \vdots \\ DP_j \\ \vdots \\ DP_n \end{Bmatrix} \quad (3.4b)$$

onde cada elemento da matriz de projecto, A_{ij} , é dado por:

$$A_{ij} = \frac{\partial FR_i}{\partial DP_j} \quad i = 1, \dots, m; j = 1, \dots, n \quad (3.5)$$

Quando um determinado A_{ij} for nulo, significa que o parâmetro de projecto DP_j não exerce qualquer influência (ou exerce uma influência insignificante) sobre o requisito funcional FR_i , assinalando-se, em tais situações, o valor “0” na matriz projecto para esse A_{ij} . Quando um dado DP_j contribui para a satisfação de um determinado FR_i , o valor do elemento A_{ij} respectivo pode assumir um de três formatos:

- Utilização do símbolo “X” para indicar que existe uma relação entre o par $FR_i- DP_j$. Este é o formato mais utilizado, todavia não revela a intensidade de tal relação, nem a expressão matemática que rege a relação de causa-efeito dessa relação (Oh, 2004). O símbolo “1” é por vezes também usado, em vez do “X”.
- Utilização de um valor percentual, compreendido entre 0 e 1. Existindo uma relação entre o par $FR_i- DP_j$, o valor é naturalmente superior a zero. Quanto maior for o valor atribuído, maior será a intensidade dessa relação.
- Utilização de uma expressão matemática (função de transferência) que modele a relação entre o par $FR_i- DP_j$. Dependendo do tipo de função de transferência, essa relação pode ser linear ou não linear (Yang e El-Haik, 2003). Se a relação for linear, A_{ij} assume um valor constante, mas se a relação for não linear então o valor de A_{ij} dependerá de DP_j e/ou de outro(s) parâmetro(s).

As características da matriz de projecto determinam a capacidade de satisfazer o axioma da independência funcional (Park, 2007). Idealmente, a matriz de projecto será quadrada, com igual número de FRs e DPs ($m = n$), onde, para cada FR_i a satisfazer, é seleccionado um determinado $DP_{j=i}$. Existem geralmente diferentes soluções candidatas para cada $DP_{j=i}$ (figura 3.27) que satisfazem o primeiro axioma, mas a sua selecção deverá ser feita atendendo à sua interacção com os outros DPs (Tang *et al.*, 2009a).

FR \ DP	DP ₁	DP' ₁	DP ₂	DP'' ₂	DP''' ₂	DP ₃
FR ₁	X	X				
FR ₂			X	X	X	
FR ₃						X

Figura 3.27 – Para cada requisito funcional, podem existir diferentes parâmetros de projecto candidatos (adaptado de: Tang *et al.*, 2009a).

O quadro 3.9 demonstra que, se a matriz de projecto for diagonal, cada DP afecta apenas o seu respectivo FR, pelo que a independência funcional é assegurada; diz-se neste caso que o projecto/desenho é desacoplado. Por outro lado, se a matriz de projecto for triangular, a satisfação da independência dos FRs é assegurada se e só se a ordem de ajuste dos DPs for aquela indicada na matriz; esta segunda situação é chamada de projecto desacoplável. Qualquer outro padrão patente numa matriz de projecto quadrada conduz a uma situação de acoplamento que impede a independência funcional. Suh (2001), Gonçalves-Coelho (2004) e Park (2007) apresentam exemplos onde ilustram a aplicação do axioma da independência à análise de diferentes conceitos de produto.

Se o número de DPs for inferior ao número de FRs ($n < m$), a independência funcional não é assegurada. Se houver um maior número de DPs do que de FRs ($n > m$), a independência

funcional poderá ser alcançada, mas haverá redundância pelo facto de se investir em maior número de recursos relativamente ao necessário. Naturalmente, em ambos os casos a matriz de projecto não será quadrada.

Brown (2006a) identifica três tipos de situações que provocam acoplamento funcional, impedindo o cumprimento do primeiro axioma:

- a) Acoplamento DP-DP. A interacção ou correlação entre pares de DPs pode impedir a independência na satisfação dos requisitos funcionais. Este tipo de acoplamento ocorre sobretudo quando se procede à integrações dos DPs em componentes físicos e/ou lógicos.
- b) Acoplamento DP-FR. Situação mais frequente, que ocorre quando um determinado DP seleccionado afecta outro(s) FR(s).
- c) Acoplamento FR-FR. Ocorre quando há sobreposição entre um ou mais pares de FRs, interferindo deste modo entre si. Pode ser originado por uma inconsistência na decomposição de um ou mais FRs, por uma incorrecta formulação do(s) mesmo(s) e/ou pelo facto do algum(uns) do(s) requisito(s) formulado(s) como (FR(s) dizer(em) na verdade respeito a constrangimento(s)).

Quadro 3.9 – Satisfação do axioma da independência funcional, consoante as características da matriz de projecto, quando esta for uma matriz quadrada ($m = n$).

Tipo de matriz de projecto	Exemplo(s)	Interpretação
Diagonal.	$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \\ DP_5 \end{Bmatrix}$	<u>Projecto desacoplado.</u> A independência funcional é assegurada, qualquer que seja a ordem de ajuste dos parâmetros de projecto (DPs).
Triangular inferior ou superior (a matriz triangular pode ser completa ou incompleta).	$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & X & X \\ 0 & X & X \\ 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix}$	<u>Projecto desacoplável.</u> A independência funcional é assegurada se a ordem de ajuste dos DPs coincidir com a ordem indicada pela matriz de projecto.
	$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 & 0 \\ X & 0 & X & X & 0 \\ X & X & 0 & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \\ DP_5 \end{Bmatrix}$	No primeiro exemplo, a seguinte ordem de ajuste dos DPs assegura a independência funcional: $DP_3 \rightarrow DP_2 \rightarrow DP_1$. No segundo exemplo, a seguinte ordem de ajuste dos DPs assegura a independência funcional: $DP_1 \rightarrow DP_2 \rightarrow DP_3 \rightarrow DP_4 \rightarrow DP_5$.
Outro qualquer padrão.	$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & X \\ 0 & X & X \\ X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \end{Bmatrix}$	<u>Projecto acoplado.</u> Qualquer que seja a ordem de ajuste dos DPs, a independência funcional não é assegurada.
	$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & X & 0 & 0 \\ X & X & 0 & X & 0 \\ 0 & X & X & 0 & X \\ X & 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_3 \\ DP_4 \\ DP_5 \end{Bmatrix}$	

Quando a matriz de projecto evidenciar a presença de situações de acoplamento funcional, o processo de desacoplamento pode passar pela reordenação da matriz de projecto, pela adição de novos DPs e/ou pelo desenvolvimento de novos conceitos (Tate e Lu, 2004). Quanto à reordenação da matriz de projecto, autores como Suh (1990), Lee (2006) e Benavides e Rodríguez (2011) propõem algoritmos para minimizar o número de elementos da matriz de projecto que causam a situação de acoplamento, sendo que, se a matriz de projecto for quadrada, a reordenação procurará reorganizar os elementos de modo a triangularizar a matriz de projecto (Melvin e Suh, 2002). Quanto à adição de DPs, esta deve ocorrer quando o número de FRs for superior ao de DPs. O desenvolvimento de novos conceitos pode ser necessário quando a reordenação da matriz de projecto se revelar insuficiente para assegurar a independência funcional ou quando se pretender remover uma ou mais relações FR_i-DP_j que se encontre(m) fora da diagonal principal da matriz (quadrada) de projecto. Tais alterações, que permitam resolver situações de acoplamento ou aumentar a robustez conceptual da solução, podem ser efectuadas através da resolução de contradições físicas e/ou técnicas de acordo com a abordagem TRIZ, conforme sugerido e descrito por autores como Mann (2002), Shin e Park (2006), Shirwaiker e Okudan (2008) e Ogot (2011), entre outros.

A abordagem de Projecto Axiomático inclui tipicamente, para além dos domínios funcional e físico anteriormente referidos, outros dois domínios, conforme representado na figura 3.28. Cada domínio à direita deverá responder como os requisitos ou objectivos do domínio adjacente à sua esquerda podem ser satisfeitos.

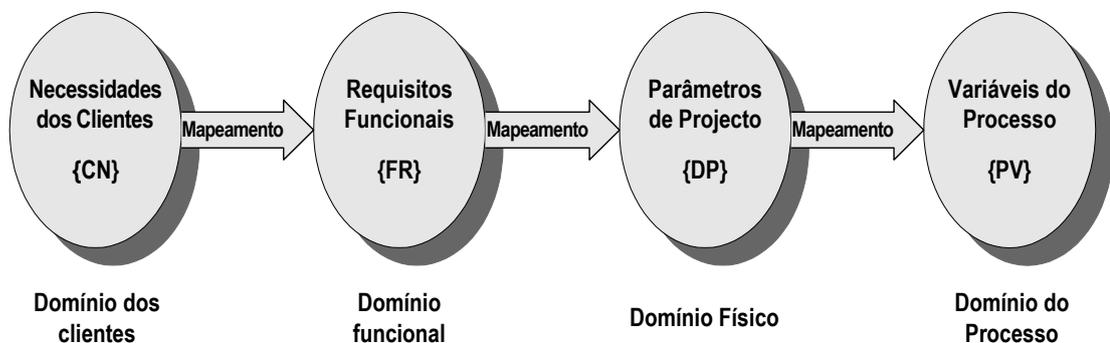


Figura 3.28 – Os quatro domínios típicos considerados na teoria de Projecto Axiomático (adaptado de: Suh, 2001).

O mapeamento entre o domínio do cliente e o domínio funcional equivale à conversão das necessidades e expectativas dos clientes em requisitos funcionais concretos que devem ser satisfeitos pelo sistema a desenvolver. Dada a subjectividade que normalmente circunda a interpretação das necessidades e expectativas dos clientes, a aplicação dos axiomas não ocorre no mapeamento entre estes dois domínios (Suh, 2001), sendo usual aplicar outras abordagens, como é exemplo o QFD, para esse efeito (Gumus, 2005; Gonçalves-Coelho, 2005). O mapeamento entre os domínios físico e do processo corresponde, no caso de concepção e desenvolvimento de produto, à determinação das variáveis do processo (PV – *process variables*) que permitem produzir ou realizar os parâmetros de projecto (Suh, 2005).

O resultado desta actividade é a determinação da estrutura ou desenho do processo de realização do produto (Yang e El-Haik, 2003).

O mapeamento entre o domínio físico e o domínio do processo também pode ser expresso matematicamente através da seguinte equação:

$$\{\mathbf{DP}\} = [\mathbf{B}]\{\mathbf{PV}\} \quad (3.6)$$

em que:

$[\mathbf{B}]$ – Matriz de projecto que relaciona os DPs com os PVs.

$\{\mathbf{PV}\}$ – Matriz-vector das variáveis do processo.

Suh (1990; 2001) estende o conceito dos domínios, representados na figura 3.28, a diversas áreas, para além da concepção e desenvolvimento de produtos, onde os processos de planeamento e projecto são relevantes. Kulak *et al.* (2010) efectuam uma revisão bibliográfica referente às diversas aplicações dos princípios do Projecto Axiomático, incluindo o axioma da independência e o conceito dos quatro domínios em várias áreas do conhecimento.

Consoante a área e tipo de aplicação, o número e/ou o nome dos domínios utilizados poderão ser diferentes dos apresentados anteriormente. Trabalhos publicados por autores como Cochran *et al.* (2000), Tseng e Schreyer (2002), Gumus (2005), Jiao *et al.* (2007) e Gumus *et al.* (2008) são reveladores deste facto.

- 2) *Axioma 2: Axioma da Informação* – Minimizar o conteúdo de informação na solução de projecto.

Quando existirem diferentes soluções conceptuais alternativas que assegurem a satisfação do axioma da independência funcional, a selecção do melhor desses conceitos pode ser efectuado através da aplicação do axioma da informação (Shin *et al.*, 2004). Este axioma fornece uma medida quantitativa para aferir acerca do mérito de cada solução conceptual proposta para garantir o cumprimento dos requisitos funcionais aplicáveis (Suh, 2005).

O conteúdo de informação, simbolizado por I , inerente a uma determinada solução conceptual é normalmente calculado através da determinação da probabilidade dessa mesma solução conseguir satisfazer com êxito os requisitos funcionais aplicáveis (Park, 2007). Quanto mais próximo de zero for o valor do conteúdo de informação da solução, mais elevada será a probabilidade de conseguir cumprir os requisitos funcionais. Para o caso mais simples em que existe um único par FR-DP, o conteúdo de informação é dado por:

$$I = \log_x \left(\frac{\text{Área referente à amplitude do sistema}}{\text{Área referente à amplitude comum}} \right) \quad (3.7)$$

Na equação 3.7, consideram-se normalmente logaritmos de base 2, ou seja $x=2$ (Gonçalves-Coelho *et al.*, 2005).

O axioma da informação encontra-se relacionado com o conceito estatístico associado ao Seis Sigma. Considere-se o caso genérico de um FR cuja característica crítica para a qualidade (CTQC) associada corresponde a uma variável contínua com uma determinada função densidade de probabilidade (figura 3.29). O desempenho funcional do sistema, relativamente a esse FR, dependerá da sua capacidade em conseguir cumprir a especificação estabelecida para a CTQC associada. Quanto maior for essa capacidade, mais alevada será a probabilidade de o FR em causa ser satisfeito e, conseqüentemente, menor será o conteúdo de informação para esse FR. Pode portanto concluir-se que, à medida que se consegue elevar o Nível Sigma de capacidade de um sistema relativamente às CTQCs aplicáveis, menor será o conteúdo de informação para os FRs associados a essas CTQCs. Para um Nível Sigma igual a seis ($Z = 6$), em que a probabilidade de cumprir a especificação definida é quase de 100%, o conteúdo de informação dado pela expressão 3.7 será praticamente igual a zero, uma vez que as áreas referentes à amplitude do sistema e à amplitude comum praticamente coincidem. El-Haik (2005) e Oh (2006) discutem a relação entre o axioma da informação e o Seis Sigma na perspectiva de métrica, e o seu enquadramento num contexto de DFSS.

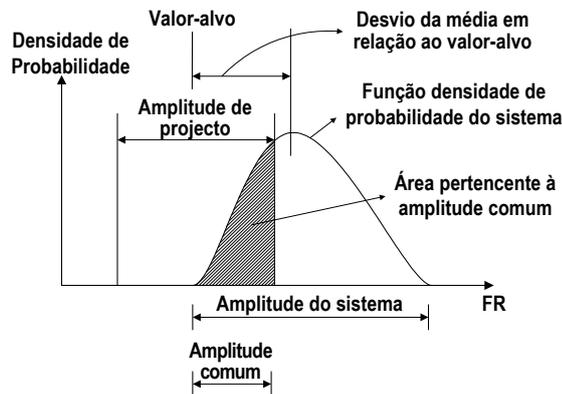


Figura 3.29 – Probabilidade de sucesso no cumprimento de um determinado FR, quando este é satisfeito por um único DP (adaptado de: Suh, 2005).

Quando a solução conceptual de um sistema corresponder a uma situação de projecto desacoplado, em que existam m FRs a satisfazer e um igual número de DPs ($n = m$), o conteúdo de informação para todo o sistema pode ser determinado pela equação seguinte:

$$I_{Total} = \sum_{i=1}^m -\log_2(P_i) = \sum_{i=1}^m I_{FRi} \quad (3.8)$$

Nesta equação, P_i é a probabilidade de que o requisito funcional FR_i ($i = 1, \dots, m$) seja satisfeito. Como cada FR_i é satisfeito unicamente pelo seu correspondente $DP_{j=i}$ ($j = 1, \dots, n = m$), o conteúdo de informação total do sistema (I_{Total}) equivale à soma dos conteúdos de informação individuais para cada FR_i , designados por I_{FRi} ($i = 1, \dots, m$).

Frey *et al.* (2000) demonstraram que a equação 3.8 não pode ser aplicada em situações de projecto desacoplável, visto que os diferentes FRs não são estatisticamente independentes, pelo que propuseram algoritmos para calcular o conteúdo de informação total para esses casos. Park (2007) refere que o conteúdo de informação não é habitualmente calculado para

soluções de projecto acoplado, uma vez que violam o axioma da independência; todavia, autores como Guenov (2002) efectuaram trabalhos onde procuram desenvolver métricas que permitam estimar o conteúdo de informação para esses casos.

O axioma da informação está relacionado com o grau de complexidade associado ao conceito do sistema a projectar (Park, 2007). Na abordagem axiomática, após assegurar o cumprimento do axioma da independência, o segundo axioma é utilizado para aumentar a simplicidade inerente ao conceito proposto (Cavique *et al.*, 2006). Vários dos corolários e teoremas que compõem a teoria de Projecto Axiomático (Suh, 1990; Suh, 2001) contêm linhas de orientação úteis na minimização da complexidade. Autores como Lee (2003), Suh (2005), El-Haik (2005) e Matt (2009) identificam e tipificam diferentes tipos de complexidade e os seus constituintes, propondo formas para reduzir o grau de complexidade de um sistema.

Na teoria de Projecto Axiomático, o termo elemento de solução é, portanto, designado de parâmetro de projecto (DP), quando o mapeamento é realizado entre os domínios funcional e físico. Hintersteiner (1999) e Gumus *et al.* (2008) propõem taxonomias para classificar diferentes tipos de DPs, atendendo à posição que ocupam na hierarquia do sistema. Se o mapeamento estiver a ser efectuado entre os domínios físico e do processo, os elementos de solução serão as variáveis de processo (PV).

3.3.2.7. Decomposição

O processo de decomposição refere-se ao desdobramento, em níveis sucessivos e cada vez maiores de detalhe, dos atributos que permitem descrever e implementar, de forma completa e em adequado grau de detalhe, um determinado sistema de interesse. A estrutura hierárquica que emerge através do processo de decomposição é conhecida por arquitectura do sistema (Gumus, 2005). De acordo com Koopman Jr. (1995), o processo de decomposição envolve o desdobramento de três categorias de atributos:

- 1) *Objectivos* – Incluem os requisitos técnicos, incluindo os de desempenho, e não técnicos, que o sistema de interesse deve satisfazer. Especificações, ou definições operacionais, que forneçam um padrão de aceitação *versus* rejeição claro e não ambíguo, são normalmente definidas e associadas aos requisitos.
- 2) *Comportamentos* – Compreendem as transformações que devem ocorrer no sistema para que este satisfaça os objectivos pretendidos. Este tipo de atributo está portanto relacionado com as funções desempenhadas.
- 3) *Estruturas* – Equivale aos elementos de solução do sistema, na forma de componentes físicos, elementos lógicos, parâmetros geométricos, campos, entre outros, que permitem que o sistema funcione conforme os objectivos delineados.

A hierarquia vertical de um determinado sistema é assim composta, em cada uma das suas camadas ou níveis de detalhe, por um conjunto de requisitos, funções e elementos de solução. Um dos principais objectivos do processo de decomposição é o de assegurar um desdobramento consistente e coerente desses atributos ao longo dos diferentes níveis de detalhe que compõem a hierarquia do sistema (Engelhardt e Nordlund, 2000; Melvin e Suh, 2002; Brown, 2011). Conforme sublinha Tate

(1999), é importante saber distinguir as actividades que fazem parte do processo de decomposição, daquelas que decorrem num único nível da hierarquia (ver quadro 3.10).

Considere-se a figura 3.30, que representa o processo de projecto de sistemas adoptado na abordagem de Engenharia de Sistemas. Trata-se de um processo iterativo, que decorre sequencialmente e de acordo com uma mesma lógica em todos as camadas da hierarquia do sistema, desde o nível superior até aos níveis inferiores de maior detalhe. Segundo este processo, em cada nível da hierarquia é necessário definir os requisitos de projecto aí aplicáveis, para então seleccionar, de entre diferentes alternativas, o melhor conjunto de elementos de solução que os permitirão satisfazer (INCOSE, 2004). É igualmente necessário verificar e confirmar se as soluções conceptuais, definidas em cada nível de detalhe, são capazes de satisfazer os requisitos aplicáveis.

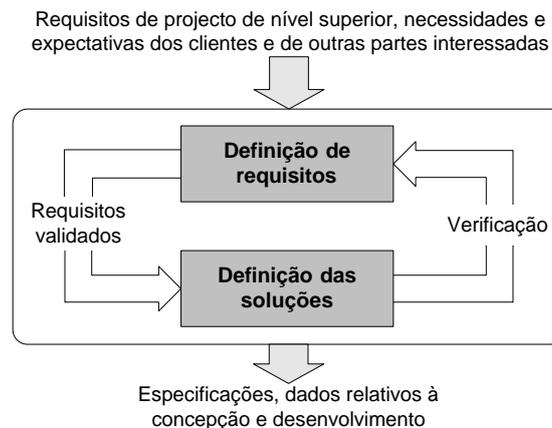


Figura 3.30 – Em cada nível de decomposição do sistema, é necessário definir os requisitos de projecto e os elementos de solução que os permitem satisfazer (adaptado de: INCOSE, 2004).

A mesma figura revela ainda que os requisitos de projecto, estabelecidos em cada nível de decomposição, são definidos atendendo aos requisitos provenientes do nível superior da hierarquia, incluindo aqueles que derivam de decisões conceptuais tomadas nesse nível superior. Os requisitos de projecto podem igualmente ter origem nas necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas, as quais são determinadas numa fase a montante do processo de concepção e desenvolvimento. De cada iteração do processo, representado na figura 3.30, resultam a definição de especificações técnicas para o sistema, desenhos e modelos e um conjunto importante de dados relativos à concepção e desenvolvimento do sistema, que serão úteis para o nível de decomposição seguinte (INCOSE, 2004).

Na teoria de Projecto Axiomático, a decomposição ocorre através de um processo conhecido por *zig-zag*, conforme se esquematiza na figura 3.31, pelo facto de a hierarquia do sistema emergir de um conjunto de actividades de projecto, realizadas de forma iterativa e recursiva, alternando entre pares de domínios contíguos (Gumus, 2005). A decomposição em *zig-zag* não costuma abranger, contudo, o domínio do cliente. A maior parte da literatura consultada discute o processo de decomposição envolvendo apenas os domínios funcional e físico, ignorando o domínio do processo, até porque, conforme refere Brown (2006b), a maioria das vezes não é necessário decompor com o mesmo nível de detalhe o domínio do processo.

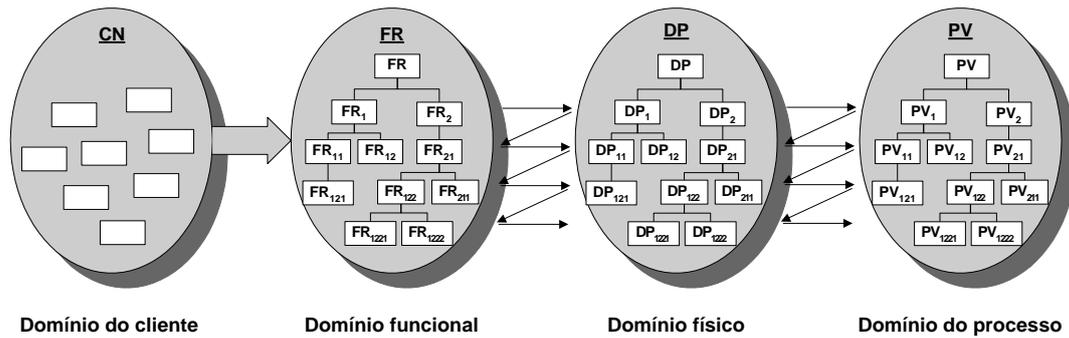


Figura 3.31 – Decomposição em *zig-zag* (adaptado de: Gonçalves-Coelho, 2005).

O processo de decomposição em *zig-zag* segue a seguinte sequência de passos:

- 1) *Definir os requisitos funcionais do sistema, começando no nível superior da hierarquia.* O conjunto inicial de FRs, que deriva das necessidades (CNs) constantes do domínio dos clientes, deve conter o número mínimo, necessário e suficiente para descrever as necessidades funcionais do sistema de interesse. Yu *et al.* (1998), Tate (1999) e Gumus *et al.* (2008) fornecem linhas de orientação que auxiliam a definir o conjunto inicial de FRs.
- 2) *Seleccionar os parâmetros de projecto correspondentes.* A selecção dos DPs, que permitirão satisfazer o conjunto definido de FRs, deve assegurar a independência funcional da solução e a satisfação dos constrangimentos aplicáveis. Se vários conceitos alternativos satisfizerem essas condições, o segundo axioma poderá ser usado para escolher o melhor deles.
- 3) *Voltar ao domínio funcional, a um nível inferior da hierarquia.* Neste passo, são definidos sub-FRs, que descrevem em maior detalhe as necessidades funcionais determinadas no nível superior da hierarquia. A definição de um conjunto suficiente e necessário de sub-FRs deve ter em conta as linhas de orientação mencionadas no apêndice X.2.
- 4) *Seleccionar o melhor conjunto de DPs que satisfaça os FRs definidos no passo anterior.* As regras para a selecção dos sub-DPs são as mesmas das referidas no passo 2.
- 5) *Repetir os passos 3 e 4 até a hierarquia do sistema estar completa.* A decomposição em *zig-zag* prossegue até que todas as funções do sistema sejam realizáveis. O último nível da hierarquia, em cada ramo da decomposição, é conhecido por “nível-folha”. Tate (1999) e Gumus (2005) indicam um conjunto de linhas de orientação que ajudam a determinar quando se atingiu o nível-folha, não sendo necessário prosseguir com a decomposição nesse ramo.

Sivard (2000), Avak (2006), Jiang *et al.* (2007) propõem soluções para estender ou adaptar o processo de decomposição, utilizado na teoria de Projecto Axiomático, aos casos em que se pretenda desenvolver uma família de produtos. Embora a discussão se centre em torno de produtos físicos, as suas abordagens são facilmente aplicáveis a outras tipologias de sistemas. Tate (1999) desenvolve um conjunto de linhas de orientação que permitem, através da utilização de funções de comando e controlo, efectuar a decomposição quando o conjunto de requisitos funcionais a satisfazer pelo sistema de interesse sofre alterações durante o seu tempo útil de vida.

Em cada nível da decomposição, as decisões conceptuais de projecto têm de ser consistentes com aquelas que foram tomadas nos níveis superiores (Suh, 2009). Uma forma de verificar a consistência

dessas decisões passa por, em cada nível da decomposição, construir a matriz global de projecto (Gumus, 2005), na qual é possível visualizar as relações entre FRs e DPs em todos os níveis da hierarquia considerados até esse nível de decomposição. Para além das inconsistências nos elementos da matriz de projecto que podem ocorrer ao longo da hierarquia, Tate (1999) identifica ainda outros três tipos de inconsistências:

- a) *Inconsistência nos FRs*. Ocorre quando são definidos mais sub-FRs do que os necessários, quando o FR paterno (FR situado no nível hierárquico imediatamente acima dos sub-FRs) não é satisfeito pelo conjunto definido de sub-FRs, ou quando não existe coerência entre o DP paterno seleccionado e o conjunto de sub-FRs definido.
- b) *Inconsistência nos DPs*. Ocorre quando os sub-DPs seleccionados não asseguram suficiente capacidade para satisfazer o FR situado no nível acima da hierarquia, quando a integração física dos sub-DPs violam o axioma da independência funcional, ou quando esses sub-DPs não garantem a satisfação dos constrangimentos (Cs) aplicados aos DPs situados no nível acima da hierarquia, apesar de nesse nível superior se julgar que os DPs satisfariam tais Cs.
- c) *Inconsistência nos constrangimentos (Cs)*. Ocorre quando o desdobramento dos constrangimentos não ocorre de forma coerente ao longo dos níveis de decomposição, ou quando os sub-DPs não satisfazem os constrangimentos provenientes da escolha dos DPs situados no nível acima da hierarquia.

Tate (1999) distingue com clareza as actividades referentes ao processo de decomposição daquelas que decorrem num mesmo nível de detalhe da hierarquia. Essa distinção encontra-se indicada no quadro 3.10. O mesmo autor propõe várias linhas de orientação para levar a cabo, com maior grau de eficácia, várias das actividades relacionadas com o processo de decomposição, de modo a assegurar a correcção e coerência das decisões tomadas ao longo dos diferentes níveis de detalhe da hierarquia do sistema de interesse. As linhas de orientação encontram-se transcritas no apêndice X.

Quadro 3.10 – Distinção entre as actividades que fazem parte do processo de decomposição e aquelas que não fazem (fonte: Tate, 1999).

Actividades do processo de decomposição	Actividades num mesmo nível da hierarquia
<ul style="list-style-type: none"> • Definição de sub-FRs. • Integração física dos DPs. • Sequência da decomposição: qual a ordem da decomposição? Quando se atingem os “níveis-folha” (nós, ou pares FR-DP, da hierarquia que não requerem decomposição adicional) da decomposição? • Dimensionar e configurar os DPs. • Definir <i>layout</i> para os DPs. • Desdobrar e refinar constrangimentos. • Assegurar consistência entre níveis da hierarquia: FRs, DPs, Cs e matrizes de projecto (DM). • Identificar necessidades dos clientes (CNs) relevantes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Síntese de DPs (geração de possíveis DPs). • Comparação dos DPs <i>versus</i> constrangimentos. • Selecção dos DPs. • Desacoplar situações de projecto acoplado. • “Optimização”⁴: ajustar os valores dos DPs quando a solução é um caso de projecto acoplado. • “Afinição” (<i>tuning</i>): ajustar os valores dos DPs quando a solução é um caso de projecto desacoplado ou desacoplável.

⁴ A teoria de Projecto Axiomático distingue “optimização” de “afinação”, consoante se pretenda melhorar o desempenho de um projecto acoplado de um projecto desacoplado ou desacoplável.

Gumus (2005) e Gumus *et al.* (2008) consideram importante distinguir cinco tipos de DPs, atendendo à posição por eles ocupada na hierarquia do sistema de interesse (quadro 3.11). De acordo com os autores, o objectivo desta classificação é o de auxiliar o processo de decomposição, nomeadamente no que diz respeito à integração física dos DPs e à identificação de nós (pares de FR-DP) que requerem decomposição.

Quadro 3.11 – Categorização dos parâmetros de projecto, DPs (adaptado de: Gumus *et al.*, 2008).

Tipo de DP	Descrição
Tipo I (sistema)	Descreve o sistema de interesse em si mesmo (e.g. avião, automóvel, <i>software</i> , sistema de segurança, serviço de inspecção de gás). Deve haver apenas um DP deste tipo na hierarquia.
Tipo II (conceptual)	Descreve um elemento de solução conceptual/abstracto, que contém vários subsistemas. Qualquer DP de tipo II deve ser decomposto em DPs de tipo III, IV e/ou V.
Tipo III (subsistema)	Descreve uma solução fornecida por um subsistema do sistema de interesse (e.g. asas do avião, motor do avião, subsistema de facturação num <i>software</i> de gestão para empresas, plano de resposta a emergências, processo de elaboração e emissão de relatórios de inspecção).
Tipo IV (componente)	Descreve uma solução fornecida por um componente individual do subsistema (e.g. <i>flaps</i> de asa, cilindro de motor, estrutura de dados de <i>software</i> , portas de saída de emergência, modelo de relatório).
Tipo V (atributo)	Descreve uma solução que é fornecida por um atributo do componente (e.g. parâmetros dimensionais dos <i>flaps</i> , material do cilindro de motor, ângulo de abertura das portas de emergência, campos de preenchimento para registo dos resultados de inspecção).

A integração dos DPs em componentes ou recursos é, tal como indicado no quadro 3.10, uma das actividades do processo de decomposição. Uma das vantagens é a de permitir reduzir o conteúdo de informação da solução de projecto (Suh, 2001; Park, 2007); no entanto, e conforme indica o corolário 3 da teoria de Projecto Axiomático, essa integração deve salvaguardar a manutenção da independência funcional. Uma vez que o sistema de interesse pode ser um produto, processo, ou qualquer outro tipo de entidade tangível ou intangível (Gonçalves-Coelho, 2004), os componentes ou recursos nos quais os DPs serão integrados podem assumir qualquer tipo de morfologia.

Sivard (2000), Yang e Cekecek (2004), Hamilton e Pallaver (2005), Gumus (2005), Gumus *et al.* (2008), Tang *et al.* (2009a) e Tang *et al.* (2009b) afirmam que a integração dos DPs equivale à transição do domínio físico para um domínio constituído pela estrutura dos componentes do sistema (SC – *System components*). A estrutura física, dada pelos DPs e sua hierarquia, é semelhante à dos FRs, pois são os DPs que permitem operacionalizar o funcionamento do sistema e satisfazer os requisitos aplicáveis (Sivard, 2000); a estrutura dos componentes, pelo contrário e conforme ideia ilustrada na figura 3.32, difere normalmente das outras duas, pelo facto de descrever o sistema em termos dos seus elementos constituintes (Gumus, 2005), que incorporam os DPs, e não do ponto de vista funcional. As três estruturas poderão coincidir se for assegurada a independência funcional, se cada DP for associado a um único SC, e se os SCs forem agregados seguindo a mesma hierarquia que resultou da decomposição dos FRs e DPs (Sivard, 2000). Diz-se, nesse caso, que se trata de uma situação ideal em termos de arquitectura modular do sistema (Tate, 1999).

Na integração dos DPs em SCs, podem ocorrer as seguintes situações (Hamilton e Pallaver, 2005; Tang *et al.*, 2009b):

- Um DP é integrado num único SC, pelo que existe uma relação directa, de um para um.
- Um DP é integrado em mais do que um SC.
- Vários DPs são integrados num único SC.

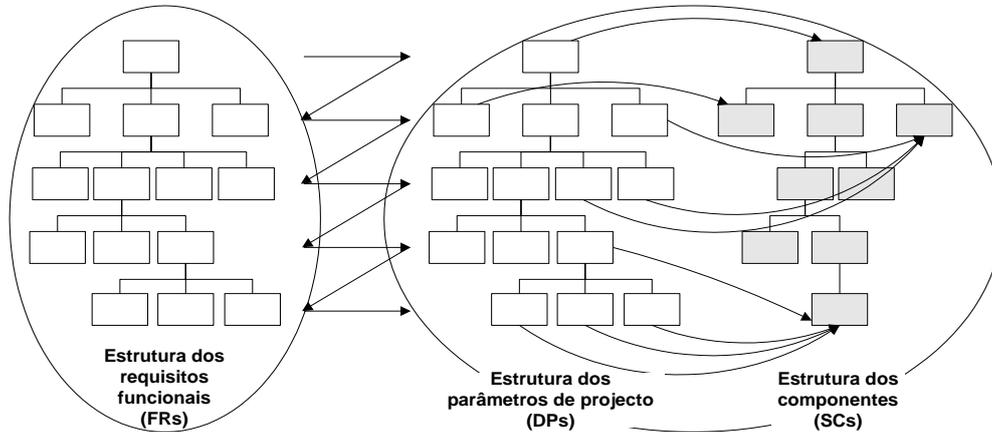


Figura 3.32 – A estrutura dos componentes, onde são integrados os DPs, pode ser diferente da estrutura do domínio físico (fonte: Sivard, 2000).

Tate (1999), propõe um conjunto de linhas de orientação, técnicas e considerações relativamente à modularidade que podem auxiliar a integração de DPs em componentes ou recursos, incluindo casos em que o conjunto de FRs pode sofrer alterações temporais. Sivard (2000) considera que, embora seja desejável integrar todos os DPs num único componente, na maior parte dos casos tal não acontece, porque existem razões estratégicas, funcionais e/ou de ciclo de vida que ditam a separação dos DPs em diferentes SCs; o autor identifica e compila várias dessas razões com base nos princípios oriundos do DFA (*Design for Assembly*) e do MFD (*Modular Function Deployment*). Já na abordagem APDL (*Axiomatic Product Development Lifecycle*) proposta por Gumus (2005), os SCs são definidos no domínio físico, em cada nível da hierarquia, à medida que a decomposição decorre; a metodologia APDL adopta o modelo em “V” da Engenharia de Sistemas, prevendo que, concluída a decomposição, os SCs sejam reavaliados, descritos com maior precisão e articulados através da compreensão dos seus interfaces.

Outros autores têm advogado a articulação entre a teoria de Projecto Axiomático e as matrizes de DSM (*Design Structure Matrix*)⁵, como forma eficaz de auxiliar as decisões no domínio físico e/ou de proceder à integração dos DPs em componentes ou recursos. Guenov e Barker (2004) propuseram um método, a que chamaram COPE (*COmplex Product Environment*), para articular, ao longo do processo de decomposição, as matrizes de projecto e as matrizes DSM. Neste método, em cada camada da decomposição, a matriz de projecto é transformada numa matriz de DSM, de acordo com o método desenvolvido por Dong e Whitney (2001). O objectivo do COPE é o de permitir uma melhor compreensão sobre as interacções existentes entre os DPs, atendendo às relações físicas, espaciais

⁵ A explicação e contextos de aplicação dos diferentes tipos de matrizes DSM, as quais capturam interacções de elementos pertencentes a um mesmo domínio, são amplamente discutidos por Browning (2001), Yassine (2004) e Xiao e Chen (2010).

e lógicas entre eles, mas não fornece soluções para integrar esses DPs em componentes (os SCs), nem para analisar as interacções entre esses mesmos SCs. Para ultrapassar estas lacunas do COPE, Tang *et al.* (2009b) propuseram um método que permite, em cada nível da decomposição, definir os SCs em que os DPs serão integrados, seguindo-se a construção das matrizes DSM de componentes, o que possibilitará uma melhor compreensão das interacções existentes entre os SCs e assim levar a uma tomada mais correcta de decisões relativamente à estrutura física do sistema.

Suh (2005), por outro lado, sugere que só no final da decomposição, quando a hierarquia FR-DP já estiver definida, se proceda à integração dos DPs. A matriz global de projecto obtida no final da decomposição permite compreender os efeitos dos DPs nos FRs situados nos níveis-folha ao longo da hierarquia e verificar a consistência da decomposição. Por vezes, embora a intenção nos níveis superiores da hierarquia tenha sido a de garantir a independência funcional, detalhes nos níveis inferiores podem ter conduzido a uma situação de acoplamento funcional, revelada pela matriz global. Se tal acontecer, Melvin e Suh (2002) propõem a reordenação da matriz global, procurando-se assim determinar uma nova sequência para o accionamento dos DPs que minimize o grau de acoplamento funcional. Após a decomposição, tal como ilustra a figura 3.33, Suh (2005) propõe a construção de uma matriz DP/DP (isto é, de uma matriz DSM) para determinar quais os DPs que devem ser integrados num mesmo componente (SC) ou colocados próximos uns dos outros por razões espaciais, geométricas, ou outras. Este modelo é coerente com o modelo em “V”⁶.

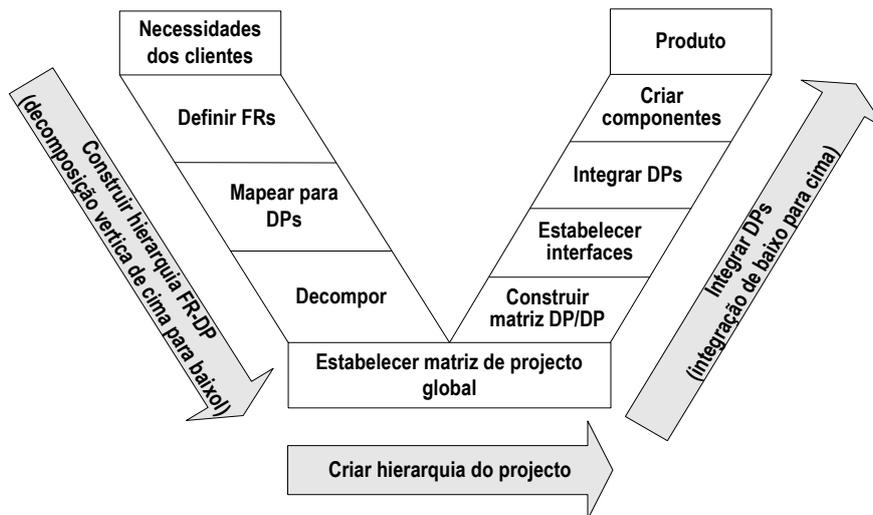


Figura 3.33 – O modelo em “V” numa abordagem de Projecto Axiomático (fonte: Suh, 2005).

3.4. Metodologias de DFSS

Esta secção aborda a temática do DFSS ao nível tático, que envolve todos os aspectos e elementos relacionados com esta vertente metodológica do Seis Sigma usada na realização de projectos de inovação. Começar-se-á por identificar os diferentes mapas metodológicos que têm sido propostos e, através de um levantamento bibliográfico profundo, determinar quais aqueles que mais vezes são

⁶ Pormenores mais detalhados acerca do modelo em “V” podem ser consultados em NASA (1995) e Clark (2009).

citados pela literatura e utilizados pelas empresas. Algumas das abordagens metodológicas mais relevantes de DFSS, propostas até à data, serão depois comparadas entre si e enquadradas no processo geral de concepção e desenvolvimento. Finalmente, serão identificadas e discutidas as principais diferenças entre as metodologias de DFSS que têm sido sugeridas na literatura.

3.4.1. Mapas metodológicos do DFSS

Revendo a literatura em torno do DFSS, uma das primeiras conclusões que rápida e facilmente se pode tirar é a grande variedade de acrónimos que têm sido propostos, como se verá mais adiante, para designar os diferentes mapas metodológicos para a realização de projectos. Na opinião de Watson e DeYong (2010), o sucessivo aparecimento de novos acrónimo deve-se em grande medida ao facto de terem sido introduzidos por profissionais da área da consultoria, que procuravam assim diferenciar as suas práticas das demais.

Curiosamente, embora conste que a primeira aplicação de DFSS tenha tido lugar, por volta de 1997, na *GE Medical Systems*, na concepção e desenvolvimento do equipamento de tomografia automática *LightSpeed CT Scanner* (Snee e Hoerl, 2003; Park, 2003; Belair e O'Neill, 2007), já a Motorola, uns dez anos antes, havia procurado aumentar a qualidade dos seus produtos, através da compreensão de como os mesmos eram desenhados e produzidos (Harry e Schroeder, 2000; Gupta, 2001). Todavia, segundo Tennant (2002a), a abordagem seguida, patente no mapa DMAIC, não possibilitava o desenvolvimento de novas soluções para o mercado, mas a optimização ou reconcepção das existentes. Embora alguns autores, tais como Pande *et al.* (2000) e Harry e Schroeder (2000, enquadrem a utilização do DMAIC em projectos de DFSS, é possível verificar que a larga maioria da literatura mais recente defende a utilização de outro mapa metodológico, que não o DMAIC. Autores como Tennant (2002a), Creveling *et al.* (2003) e Urdhwareshe (2011) afirmam inclusivamente que a utilização do ciclo DMAIC é totalmente inapropriada em tais contextos.

Consultando os artigos científicos publicados que realizam uma revisão à literatura sobre DFSS, nomeadamente os da autoria de Chakrabarty e Tan (2007), Shahin (2008), Watson e DeYong (2010) e Tjahjono *et al.* (2010), é possível confirmar a grande diversidade de acrónimos que têm vindo a ser propostos para designar o mapa metodológico a usar em projectos de DFSS:

- DMADV (*Define, Measure, Analyse, Design, Verify/Validate*).
- IDOV (*Identify, Design, Optimise, Verify/Validate*).
- ICOV (*Identify, Characterise, Optimise, Verify/Validate*).
- DMEDI (*Define, Measure, Explore, Develop, Implement*).
- IDDOV (*Identify, Define, Develop, Optimise, Verify*).
- CDOV (*Concept, Design, Optimise, Verify*).
- DCOV (*Define, Characterise, Optimise, Verify*).
- DCCDI (*Define, Customer, Concept, Design, and Implement*).
- I²DOV (*Invention & Innovation, Develop, Optimise, Verify*).
- DMADOV (*Define, Measure, Analyze, Design, Optimise, Verify*).

- IDEAS (*Identify, Design, Evaluate, Assure, Scale-up*).
- DIDES (*Define, Initiate, Design, Execute, Sustain*).
- DMADIC (*Define, Measure, Analyse, Design, Implement and Control*).
- PIDOV (*Plan, Identify, Design, Optimise, Verify*).
- DMARIC (*Define, Measure, Analyse, Redesign, Implement, Control*).

No sentido de compreender qual o acrónimo mais frequentemente proposto, na realização desta tese encetou-se uma profunda pesquisa da literatura sobre DFSS, que incluiu livros, capítulos de livros e artigos científicos. Consideraram-se apenas as referências bibliográficas que propõem um único mapa metodológico para a realização de projectos de DFSS. Os resultados encontram-se transcritos no apêndice XI.

O gráfico da figura 3.34 representa a informação constante do apêndice XI, podendo concluir-se que a maior parte da literatura, tanto a nível de livros como de artigos científicos, adopta o acrónimo DMADV como mapa de referência para a realização de projectos de DFSS. Esta conclusão está em linha com as afirmações feitas por Pfeifer *et al.* (2004), Klefsjö *et al.* (2006), Cronemyr (2007) e Pries (2009). É provável que esta situação aconteça pelo facto de este ter sido o primeiro mapa formal de DFSS, popularizado no seio da *GE Medical Systems* e em grande parte das empresas do grupo *GE*, vindo então posteriormente a ser adoptado por outras organizações e a servir de referência aos profissionais do Seis Sigma (Snee e Hoerl, 2003). A utilização dos mapas IDOV e ICOV é também citada com frequência, especialmente o primeiro deles; contudo, como refere Feng (2008), estes dois acrónimos representam apenas designações ligeiramente diferentes para um mesmo mapa de DFSS.

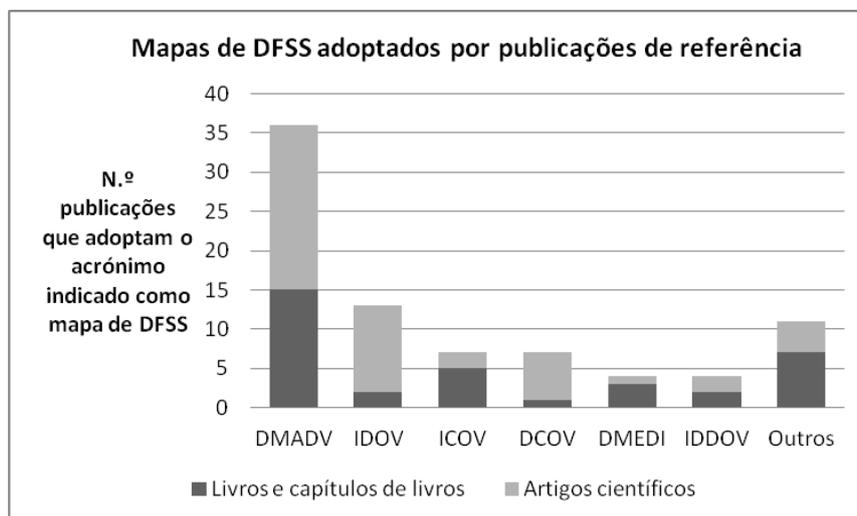


Figura 3.34 – Acrónimos adoptados como mapa de DFSS mais vezes sugeridos na literatura.

Curiosamente, apesar de a literatura sobre DFSS adoptar com maior frequência o mapa DMADV, Park (2003) e Shahin (2008) referem que o IDOV é o acrónimo mais utilizado na prática. De modo a poder aferir sobre a validade desta afirmação, procedeu-se nesta tese a um levantamento de trabalhos publicados em revistas científicas, revistas profissionais, *proceedings* de conferências e comunicações em congressos, de âmbitos nacional e internacional, que contivessem casos de estudo

ou indicassem qual a abordagem metodológica de DFSS adoptada por determinada organização.. Os resultados encontram-se inscritos no quadro 3.12 e parecem confirmar as conclusões dos dois autores anteriormente referidos.

Quadro 3.12 – Acrónimos relativos a mapas de DFSS adoptados por diferentes organizações.

Acrónimo	Organizações que adoptam o acrónimo como mapa de DFSS	Total organizações
IDOV	<i>GE Power Systems</i> (Vandervort e Kudlacik, 2001), <i>Samsung SDI</i> (Park, 2003), <i>LG Electronics</i> (Park, 2003), <i>GE Energy</i> (Laudati, 2007), <i>Xerox</i> (Hildebrand, 2007).	5
DMADV	<i>Bombardier</i> (Drolet, 2003), <i>GE Medical Systems</i> (Stahl <i>et al.</i> , 2003), <i>Bayer Healthcare</i> (Ruan e Shaffer, 2006), <i>Merck & Co., Inc.</i> (Junker <i>et al.</i> , 2011).	4
DMEDI	<i>DOW Chemical</i> (Buss e Ivey, 2001), <i>Caterpillar</i> (Evans, 2010).	2
CDOV	<i>Ford Motor Company</i> (Hu e Pieprzak, 2005), <i>Motorola Penang Design Centre Malaysia</i> (Narayanan e Khoh, 2010).	2
DMADOV	<i>GE Transportation</i> (Wiggs, 2004).	1
IDDOV	<i>Delphi</i> (Rivera <i>et al.</i> , 2010).	1
DCOV	<i>Ford Motor Company</i> (Soderborg, 2004; Gerhorst <i>et al.</i> , 2006).	1
DIDOV	<i>Northrop Grumman Mission Systems</i> (Null, 2003).	1

Para além das diferenças nas designações dos acrónimos, constata-se também que, por vezes, mesmo entre autores que adoptam um mesmo acrónimo como mapa de DFSS, as abordagens metodológicas propostas podem divergir (Brue e Howes, 2006). Apesar das diferenças existentes, todos os mapas de DFSS partilham princípios fundamentais e uma sequência semelhante de etapas (Brue e Launsby, 2003; Chang e Su, 2007; Shahin, 2008). Reconhecendo as dificuldades práticas que muitas organizações enfrentam no desenvolvimento de projectos de DFSS, em virtude da variedade de acrónimos e de abordagens metodológicas, Hasenkamp (2010) procurou enquadrar as fases de um projecto de DFSS no processo geral de Engenharia de Projecto proposto por Pahl e Beitz (1996).

Hasenkamp (2010), no entanto, não estabeleceu a relação entre os múltiplos mapas de DFSS com esse processo. Além disso, o enquadramento dos diferentes acrónimos de DFSS em apenas 4 fases do processo de concepção e desenvolvimento não permitiria retirar grandes conclusões acerca das semelhanças e diferenças entre metodologias de DFSS. Haik e Shahin (2011) propõem um processo de concepção e desenvolvimento mais detalhado, composto pelas 11 etapas seguintes:

- 1) *Identificação das necessidades dos clientes* – Envolve a identificação dos clientes (e de outras partes interessadas), sua segmentação, bem como ainda a recolha, análise e interpretação das “vozes” e “imagens” que reflectam as necessidades e expectativas desses clientes.
- 2) *Análise de mercado* – Inclui o estudo de informação proveniente de várias fontes de informação, tais como: concorrência, patentes, indicadores sócio-culturais e económicos, capacidades e competências internas, capacidades e competências de fornecedores e parceiros de negócios, entre outros. Envolve também a identificação de soluções, disponíveis internamente e/ou no mercado, com potencial para satisfazer as necessidades detectadas.

- 3) *Definição de objectivos (requisitos)* – Nesta etapa são apurados, organizados e estruturados os requisitos mais relevantes que os clientes e as diferentes partes interessadas têm relativamente ao sistema de interesse. São definidas características (críticas) mensuráveis ou observáveis, claras e não ambíguas, associadas aos requisitos relevantes. Nesta etapa emerge um conceito, ainda que genérico, da solução a desenvolver, o qual será tanto mais concreto quanto mais incremental for o grau de inovação.
- 4) *Estabelecimento de funções* – Nesta etapa são identificadas as funções a desempenhar pelo sistema de interesse, devendo o estabelecimento das mesmas ser coerente com os requisitos e características críticas determinados na etapa anterior.
- 5) *Estabelecimento de especificações* – Envolve o estabelecimento de definições operacionais para as características críticas apuradas anteriormente, as quais se encontram muitas vezes associadas às funções estabelecidas, permitindo portanto a determinação dos requisitos funcionais.
- 6) *Conceptualização de soluções* – São desenvolvidas soluções alternativas que permitam desempenhar as funções necessárias e assegurar o cumprimento dos requisitos aplicáveis.
- 7) *Avaliação de alternativas* – Os conceitos alternativos que resultam da etapa anterior são agora avaliados com base nos critérios pré-definidos. No final do processo de avaliação sairá um, ou eventualmente alguns, conceito(s) a desenvolver de forma mais detalhada.
- 8) *Materialização da solução* – Nesta etapa procede-se ao desenvolvimento da arquitectura do sistema de interesse, definindo requisitos e especificações, funções e soluções até ao nível de detalhe necessário. As actividades de decomposição ocorrem portanto nesta etapa.
- 9) *Análise e optimização* – Envolve a optimização conceptual e operacional da solução desenvolvida. Actividades de integração física dos parâmetros de projecto em componentes do sistema, decisões sobre modularização, assim como a optimização do desempenho funcional, constituem actividades que podem ser executadas nesta etapa.
- 10) *Experimentação* – Normalmente envolve ensaios, testes, ou outro tipo de modelação, a um ou mais protótipos do sistema. Poderá também incidir em subsistemas específicos desse sistema. Ao testar e verificar o comportamento e desempenho do sistema, quando este é sujeito a um conjunto de factores que poderá experimentar ao longo do seu ciclo de vida, poderá identificar-se a necessidade de realizar alguns ajustes, melhorias ou alterações, antes de se poder efectuar a validação técnica do sistema.
- 11) *Marketing* – Além de técnica, e especialmente quando o sistema é um produto ou serviço, é necessário aferir se a solução desenvolvida será competitiva no mercado, sendo capaz de satisfazer as necessidades dos clientes. Esta etapa envolve ainda a definição de acções relativamente à promoção, distribuição, comercialização do produto ou serviço desenvolvido.

No âmbito da revisão bibliográfica realizada, procurou-se analisar e compreender o enquadramento de algumas das principais metodologias de DFSS, propostas pela literatura de referência, no processo geral de concepção e desenvolvimento, conforme descrito por Haik e Shahin (2011). Os resultados deste estudo, indicados na figura 3.35, permitem concluir que, apesar das diferenças de abordagem encontradas entre muitas das metodologias de DFSS, todas elas, independentemente da

sua designação ou acrónimo, seguem fielmente a lógica inerente a um processo de concepção e desenvolvimento. Outra conclusão importante a retirar é que podem existir diferenças entre metodologias, mesmo quando os acrónimos coincidem.

Processo de concepção e desenvolvimento		Tennant (2002) DCCDI	Yang e El-Haik (2003) ICOV	Brue e Launsby (2003) DMADV	Creveling <i>et al.</i> (2003)		Ginn e Varner (2004) DMADV	Gitlow <i>et al.</i> (2006) DMADV	Jugulum e Samuel (2008) DMADV	Lunau <i>et al.</i> (2009) DMADV			
		Define	Identify	Identify	Invention and Innovation	Concept	Define	Define	Define and Measure	Define			
	Identificação das necessidades dos clientes	Customer					Measure	Measure		Design	Design	Design	
	Análise de mercado		Concept	Analyse	Analyse	Design			Design				Design
	Definição de objectivos (requisitos)												
	Estabelecimento de funções	Design					Optimise	Optimise		Optimise	Optimise		
	Estabelecimento de especificações		Implement	Verify/Validate	Verify	Verify			Verify				
	Desenvolvimento de soluções											Marketing	Verify/Validate
	Avaliação de alternativas	Verify/Validate					Verify	Verify		Verify	Verify		
	Materialização da solução		Verify/Validate	Verify	Verify	Verify			Verify				
Análise e optimização	Verify/Validate											Verify	Verify
Experimentação		Verify/Validate					Verify	Verify		Verify	Verify		
Marketing			Verify/Validate	Verify	Verify	Verify			Verify				

Figura 3.35 – Enquadramento de diferentes mapas metodológicos de DFSS no processo de concepção e desenvolvimento.

Verificou-se também que todos os mapas metodológicos, sugeridos pela literatura consultada, adoptam a prática da realização de revisões formais intermédias entre cada transição de fase de um projecto de DFSS. Na revisão bibliográfica, procurou-se também compreender quais as técnicas e ferramentas, a utilizar ao longo de um projecto de DFSS, que são recomendadas pela literatura. Com base nesse levantamento, foi possível elaborar e preencher a matriz representada na figura 3.36. Importa sublinhar que esta matriz indica as técnicas e ferramentas mais citadas pela literatura em torno da temática do DFSS, e que, no entanto e para além destas, há um leque de outras técnicas e ferramentas que também podem ser usadas ao longo de um projecto de DFSS. Duas notas importantes no que se refere à figura 3.36: em primeiro lugar, o enquadramento é feito com base no processo de concepção e desenvolvimento, permitindo uma generalização que não depende dos diferentes acrónimos adoptados; segundo, uma mesma técnica ou ferramenta pode ser usada em mais do que uma etapa do processo de concepção e desenvolvimento e, portanto, em mais do que uma fase de um determinado mapa de DFSS.

	Identificação das necessidades dos clientes e análise de mercado			Definição de objectivos (requisitos)			Estabelecimento de funções e especificações			Desenvolvimento de soluções e avaliação de alternativas			Materialização da solução			Análise e optimização			Experimentação e actividades de marketing									
Tennant (2002)	x		x	x			x	x	x		x		x	x						x								
Yang e El-Haik (2003)	x	x	x	x		x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
Brue e Launsby (2003)		x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x		x	x	x	x	x	x						
Creveling <i>et al.</i> (2003)		x		x		x	x	x	x	x	x		x	x	x		x	x	x	x	x	x						
Stamatis (2003)	x	x	x	x		x	x	x	x				x		x	x	x	x		x	x	x						
Pyzdek (2003)		x	x	x		x	x		x			x							x	x		x						
Ginn e Varner (2004)	x	x	x	x	x	x	x	x	x		x		x	x		x			x	x		x						
Watson (2004)	x		x	x	x		x	x	x	x	x			x	x		x			x	x	x						
Gitlow <i>et al.</i> (2006)	x			x	x	x	x	x	x				x		x				x	x	x	x						
Jugulum e Samuel (2008)		x	x	x				x					x		x	x		x	x	x	x	x						
Lunau <i>et al.</i> (2009)	x	x	x	x	x	x	x	x	x				x	x		x			x	x	x							
Urdhwarshhe (2011)				x		x	x	x	x		x			x	x		x			x								
	Plano multigeracional	Entrevistas presenciais	Grupos focalizados	Questionários	Tabela conversão VOC	Diagrama afinidades	Modelo de Kano	QFD	Benchmarking	Técnica FAST	QFD	Árvore de CTQs	Brainstorming	Matriz morfológica	TRIZ	Método de Pugh	Projecto Axiomático	FMEA (DFMEA e/ou PFMEA)	TRIZ	Técnicas DFX	Projecto Axiomático	Projecto Robusto de Taguchi	Técnicas de simulação	Design Scorecard	Desenho de Experiências	SPC e estudos de capacidade	Poka-Yoke	Plano de transição

Figura 3.36 – Técnicas e ferramentas sugeridas por um conjunto relevante da literatura a utilizar num contexto de DFSS, ao longo do processo de concepção e desenvolvimento.

3.4.2. Abordagens metodológicas aos projectos de DFSS

Para além da diversidade de acrónimos e das diferenças nas técnicas e ferramentas sugeridas na literatura, as divergências nas abordagens de DFSS também são patentes em relação ao seguinte:

- Alguns autores propõem a adopção de diferentes mapas de DFSS em função da categoria do projecto a realizar, ao contrário da maioria que opta por utilizar um único mapa, independentemente do tipo de projecto de DFSS.
- Alguns autores efectuem o processo de decomposição, distinguindo o espaço dos requisitos e o espaço das soluções, mas outros procedem à decomposição sem fazer essa distinção

3.4.2.1. Diferentes mapas de DFSS em função da categoria do projecto

Alguns profissionais utilizam diferentes mapas metodológicos consoante as categorias de projecto de DFSS a realizar (Shahin, 2008). Por exemplo, Yang (2005b), Shahabuddin (2008) e Yang e Cai (2009) consideram que a utilização do mapa IDOV é mais adequada quando o projecto de DFSS tiver o objectivo de conceber um novo produto, serviço ou processo, enquanto que o DMADV é mais apropriado para projectos de reconcepção. Creveling *et al.* (2006) e Creveling (2007) concordam que o DMADV é mais apropriado em projectos que envolvam o redesenho de processos, considerando

também que quando o redesenho implicar a aplicação de técnicas e ferramentas oriundas do *Lean Management*, será preferível utilizar o mapa DMEDI; os mesmos autores consideram ainda que o mapa DMADV pode ser igualmente usado na reconcepção de produtos ou serviços.

Creveling *et al.* (2003) sugerem as seguintes abordagens metodológicas de DFSS para duas categorias de projectos bem concretos:

- Mapa I²DOV, utilizado para o desenvolvimento de novas tecnologias. Este mapa está associado às actividades de Investigação e Desenvolvimento (I&D) e inovação tecnológica, que conduzem à criação de novas plataformas de produtos e subsistemas.
- Mapa CDOV, usado para o desenvolvimento técnico de novos produtos.

Os dois mapas encontram-se articulados, conforme ilustra a figura 3.37. De facto, ao desenvolvimento de uma nova tecnologia sucede-se um processo de transferência tecnológica, que permitirá posteriormente a concepção e desenvolvimento de novos produtos a lançar no mercado.

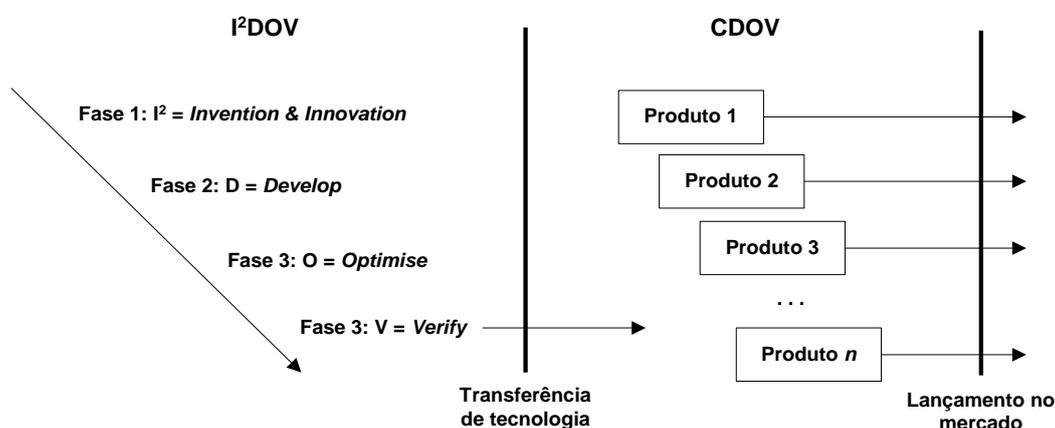


Figura 3.37 – A relação entre os mapas I²DOV e CDOV (adaptado de: Creveling *et al.*, 2003).

Mais recentemente, Creveling *et al.* (2006) e Creveling (2007) sugeriram três mapas adicionais, que visam auxiliar a realização de projectos Seis Sigma numa perspectiva de ciclo de vida:

- Mapa IDEA (*Identify, Define, Evaluate, Activate*), que tem o intuito de apoiar a definição e renovação do portefólio organizacional de produtos e de tecnologias, um processo de carácter estratégico.
- Mapa UAPL (*Understand, Analyse, Plan, Launch*), usado para apoiar, do ponto de vista comercial, o processo de concepção e desenvolvimento de produtos. Deste modo, as fases do CDOV, utilizadas para proceder ao projecto técnico de um produto, podem ser articuladas com as do mapa UAPL, em que este último visa aumentar a probabilidade de êxito comercial do produto.
- Mapa LMAD (*Launch, Manage, Adapt, Discontinue*), utilizado no âmbito da gestão e controlo do portefólio de produtos e serviços da organização, já lançados no mercado, ao longo do seu tempo útil de vida. Tem sobretudo uma natureza preventiva, ao contrário do DMAIC que é executado quando os problemas já se manifestaram.

Hambleton (2007) analisou e relacionou os diferentes mapas metodológicos propostos por Creveling, tendo apresentado o diagrama representado na figura 3.38. Nesta perspectiva, cada mapa de DFSS tem a sua própria aplicação, consoante o tipo de projecto a realizar.

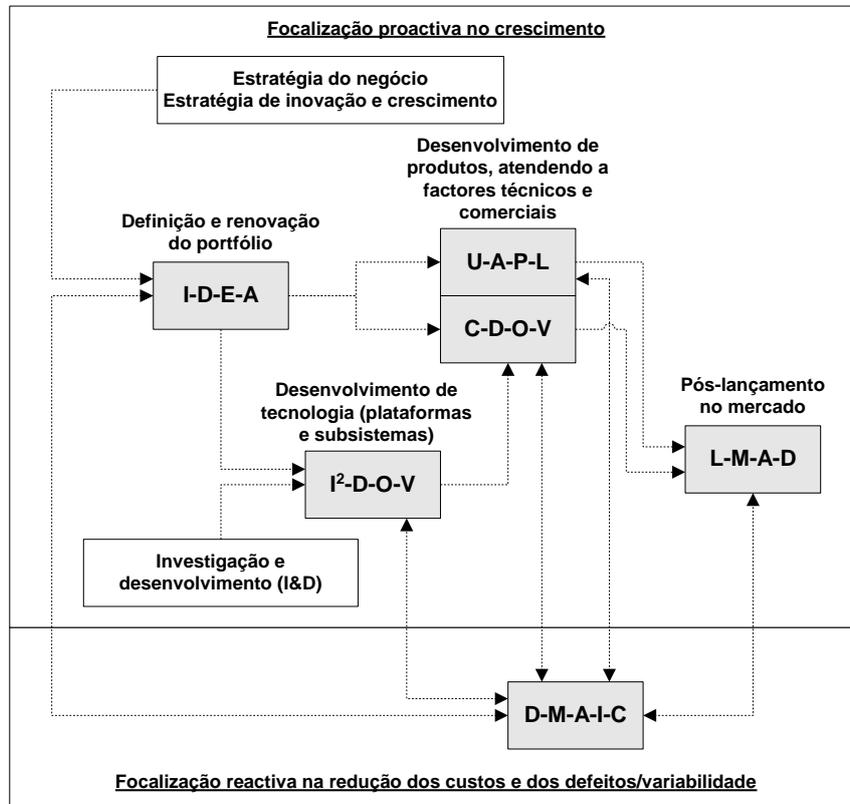


Figura 3.38 – Articulação entre diferentes metodologias do Seis Sigma, numa perspectiva de ciclo de vida dos produtos (adaptado de: Hambleton, 2007).

Park (2003) e Park e Antony (2008) também diferenciam os mapas metodológicos de DFSS a adoptar, em função da natureza do projecto. Estes autores consideram que, embora a utilização do DMADV ou do IDOV seja eficaz na realização de projectos de DFSS em contextos industriais, a sua adopção no âmbito de projectos aplicados ao desenvolvimento de novos serviços não é recomendável, sendo preferível nesses casos recorrer à utilização do mapa DMARIC. Arcidiacono *et al.* (2006), por seu lado, consideram que o DMADV constitui uma boa abordagem para projectos de DFSS que incidam no desenho de novos processos, ao passo que o IDOV será o mapa mais apropriado ao desenvolvimento de novos produtos.

Pode constatar-se, pelos parágrafos anteriores, que aqueles que optam por adoptar mais do que um mapa de DFSS, fazem-no derivado ao facto de:

- O grau de inovação, associado ao projecto de DFSS, poder ser mais incremental (reconcepção de um produto, serviço ou processo já existentes) ou radical (concepção e desenvolvimento de um novo produto, serviço ou processo).
- O sistema de interesse poder apresentar diferentes tipologias, sendo que normalmente a literatura sobre DFSS distingue três tipos de tipologias: produto, serviço e processo.

Conforme se verá na secção 3.4.3, mesmo entre alguns daqueles que adoptam um único mapa para a execução de projectos de DFSS, existe a preocupação de adaptar a metodologia, nomeadamente através da utilização diferenciada e à medida de algumas técnicas e ferramentas, ao grau ou nível de inovação associado ao projecto e à natureza do sistema de interesse.

3.4.2.2. Diferentes abordagens ao processo de decomposição

O processo de decomposição envolve o desdobramento de requisitos (e suas especificações), funções e elementos de solução. Num contexto de DFSS, no que diz respeito aos requisitos e às funções, é habitual falar-se na decomposição das características críticas para a qualidade (CTQCs) do sistema de interesse. Nas metodologias de DFSS que têm vindo a ser propostas, encontram-se, fundamentalmente, duas abordagens para efectuar a decomposição:

- 1) *Abordagem 1.* A decomposição realiza-se através de um conjunto de actividades entre dois domínios adjacentes
- 2) *Abordagem 2.* A decomposição realiza-se através de um desdobramento de características e parâmetros críticos do sistema, sem diferenciar domínios de projecto.

A primeira das abordagens tem por base a decomposição em *zig-zag*, sugerida na teoria de Projecto Axiomático e discutida na secção 3.3.2.7, e é adoptada nas metodologias de DFSS propostas por autores como Yang e El-Haik (2003), Truscott (2003), El-Haik (2005), Hu e Pieprzak (2005), Jugulum e Samuel (2008), He *et al.* (2009) e Dickinson e Brown (2009). A decomposição dos requisitos funcionais (FRs), e portanto das CTQCs e respectivas definições operacionais a eles associados, só é realizada quando, no domínio físico e no mesmo nível de detalhe, são definidos os respectivos parâmetros de projecto (DPs), ou elementos de solução. O estabelecimento consistente das CTQCs, num nível inferior de decomposição, de acordo com os princípios da decomposição em *zig-zag*, dependerá sempre dos DPs seleccionados no nível parental.

A segunda abordagem inspira-se na decomposição das CTQCs, através de um diagrama em árvore (figura 3.39) normalmente usado em projectos Seis Sigma DMAIC. É adoptada por Tennant (2002a), Creveling *et al.* (2003), Brue e Launsby (2003), Stamatis (2003), Ginn e Varner (2004), Sleeper (2006), Brue e Howes (2006), Gitlow *et al.* (2006), Shenvi (2010) e Qureshi e Ashraf (2011), entre outros.

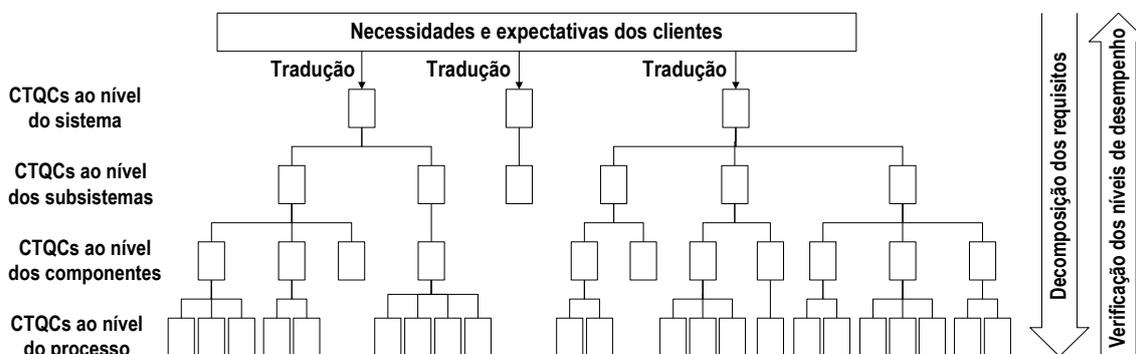


Figura 3.39 – Decomposição das CTQCs num projecto de DFSS, quando a segunda abordagem é utilizada (adaptado de: Creveling *et al.*, 2003; Brue e Howes, 2006).

Conforme se observa, a representação do processo de decomposição através de uma árvore de CTQCs não explicita quais os elementos de solução seleccionados para o sistema de interesse. A sua vantagem reside no facto de permitir identificar, relacionar e rastrear as diferentes características críticas em múltiplos níveis de detalhe (Sleeper, 2006). Juntamente com o desdobramento das CTQCs, também as suas definições operacionais, ou especificações, devem ser coerentemente decompostas. Yang e El-Haik (2003) referem que, embora muitos profissionais que já trabalham em torno da vertente de melhoria contínua do Seis Sigma estejam mais familiarizados com esta abordagem, a mesma não permite, num contexto de DFSS, aferir sobre a robustez conceptual da solução proposta para o sistema de interesse, uma vez que os axiomas não podem ser aplicados.

Embora a figura 3.39 se enquadre no caso em que o sistema de interesse é um produto, o raciocínio é facilmente transposto para outra morfologia de sistema. As CTQCs situadas nnos níveis inferiores equivalem às variáveis de processo, cujos níveis ou valores podem ser controlados de modo a minimizar a variabilidade registada nas CTQCs dos componentes produzidos. Por sua vez, os parâmetros associados às CTQCs situadas ao nível dos componentes determinam o desempenho relativo às CTQCs situadas no nível superior. Deste modo, em cada transição de nível, é possível estabelecer funções de transferência na forma $Y = f(X)$, em que as CTQCs situadas num nível inferior actuam como parâmetros de projecto, ou variáveis de entrada (os "X"), que permitem controlar a média e/ou variabilidade dos valores verificados, a nível de resposta funcional, numa determinada CTQC situada num nível superior da decomposição (o "Y"). Este raciocínio encontra-se expresso na figura 3.40.

Se a decomposição for realizada através do processo de *zig-zag*, as funções de transferência, na forma $Y = f(X)$, são expressas, num mesmo nível da decomposição, através da equação 3.4.

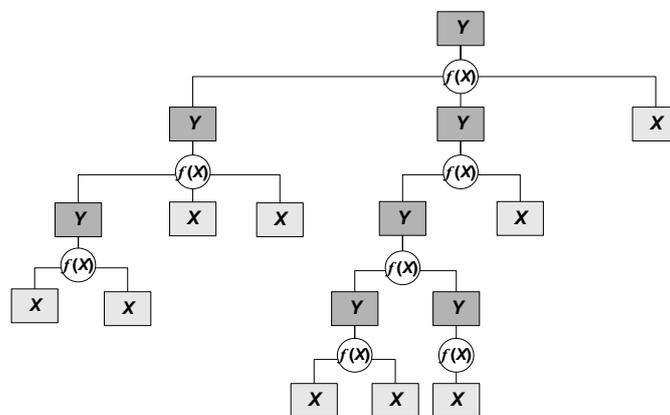


Figura 3.40 – Relação $Y = f(X)$ entre CTQCs situadas em diferentes níveis de detalhe (adaptado de: Creveling *et al.*, 2003).

No seio da segunda das abordagens de decomposição, merece destaque o método CPM (*Critical Parameter Management*), desenvolvido de Creveling *et al.* (2003) e representado nas figuras 3.41 e 3.42. É um método muito utilizado na área industrial, como demonstram os casos de aplicação publicados por Choudry (2004), Otto (2005), Judd (2005), Narayanan e Khoh (2008) e Urdhwarsh (2011). A sua maior limitação é provavelmente a de adoptar uma terminologia, técnicas e ferramentas dirigidas sobretudo para o desenvolvimento de produtos e de tecnologia. No modelo CPM, os requisitos críticos do sistema, que derivam das necessidades e expectativas fundamentais dos

clientes, são sucessivamente desdobrados através da Casa da Qualidade. Todos os requisitos situados a nível do sistema, subsistema e subconjunto devem ser mensuráveis através de uma variável contínua, directamente associada ao desempenho funcional, a que o CPM designa de “resposta funcional crítica” (CFR – *Critical Functional Response*). Aos níveis do componente e do processo produtivo, cada requisito diz-se ser uma “especificação crítica à função” (CTFSpec – *Critical to Function Specification*); ao nível do componente, a CTFSpec deve ser uma variável contínua que represente uma propriedade, parâmetro ou característica do componente; a nível do processo produtivo, a CTFSpec deve ser uma variável controlável desse processo.

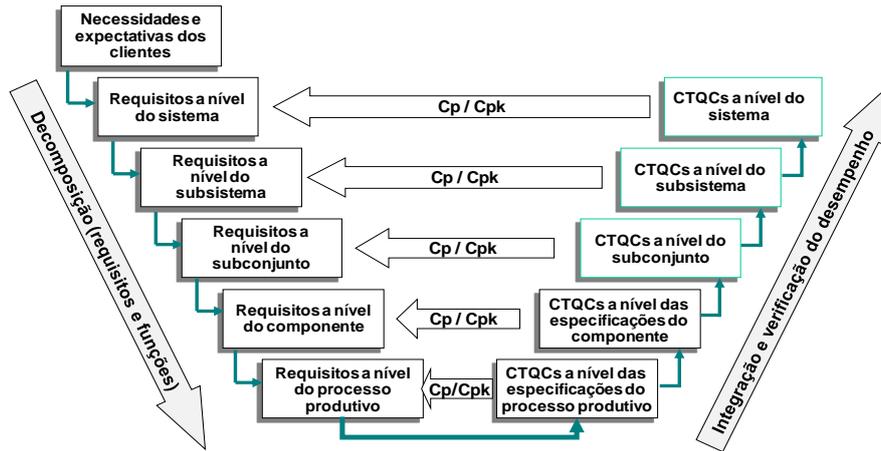


Figura 3.41 – Modelo CPM (*Critical Parameter Management*) (adaptado de: Creveling et al., 2003).

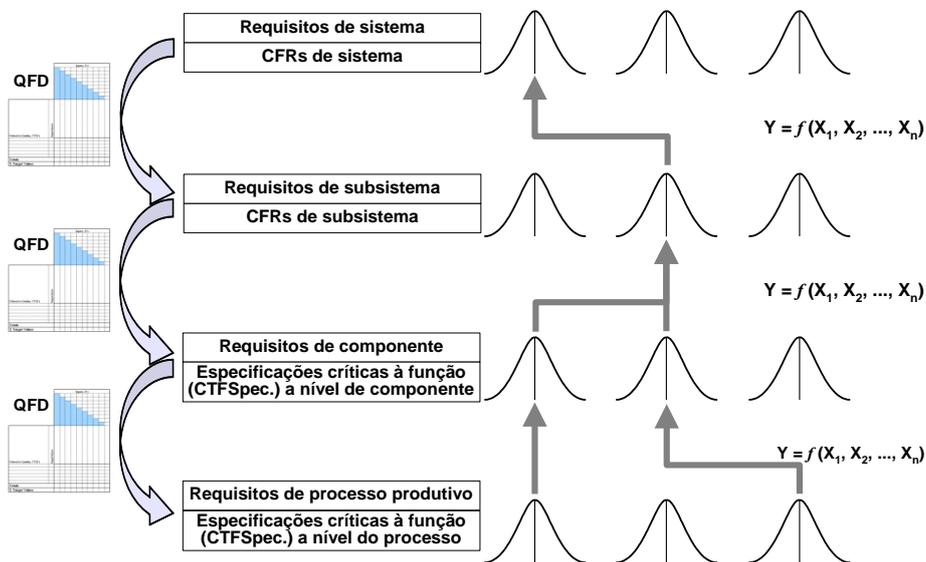


Figura 3.42 – Decomposição dos requisitos críticos e verificação dos seus níveis de capacidade.

À medida que o desdobramento dos requisitos e funções vai decorrendo, o CPM prevê que, em cada nível da decomposição, se realizem as seguintes actividades:

- Desenvolvimento de conceitos alternativos, através da identificação de diferentes elementos de solução capazes de satisfazer os requisitos e funções aplicáveis.

- Avaliação dos conceitos alternativos e selecção do melhor deles, através do método de Pugh.

Terminada a decomposição, conforme se observa nas figuras 3.41 e 3.42, procede-se à verificação, optimização e validação do desempenho relativamente às CTQCs situadas ao longo da hierarquia, usando o conhecimento sobre as funções de transferência envolvidas. As variáveis ou características situadas nos níveis inferiores funcionam como parâmetros, ou factores de controlo, cujos níveis ou valores podem ser ajustados, de modo a optimizar os índices de capacidade (e.g. C_p , C_{pk}) e/ou os Níveis Sigma associados às CTQCs (os “Y”), situadas em níveis mais acima da decomposição.

3.4.3. Análise às abordagens metodológicas de DFSS relativamente a situações de morfologia, maturidade e variedade

As abordagens metodológicas de DFSS apresentam, naturalmente, diferenças, consoante o sistema de interesse seja um produto ou um processo, e consoante a tipologia de produto (Brue e Launsby, 2003). O reconhecimento dessas diferenças conduziu, tal como se viu na secção 3.4.2.1, a que alguns autores tenham proposto mapas de DFSS distintos, em função do tipo de sistema de interesse. Nessa secção, também se concluiu que o nível de inovação, subjacente ao projecto de DFSS, pode ter influência no mapa metodológico a usar. Mesmo quando se opta por usar sempre o mesmo mapa, este deve ser capaz de acomodar diferentes categorias de projectos de DFSS, consoante o grau de inovação a ele inerente (Jugulum e Samuel, 2008). Thomas e Singh (2006), por outro lado, consideram que é necessário atender a outra dimensão nos projectos de DFSS, que designam por variedade, relacionada com a heterogeneidade funcional de um produto ou entre variantes pertencentes a uma mesma família de produtos. Em resultado deste cenário, e atendendo às taxonomias da inovação identificadas na secção 3.3.2.2, importa introduzir e definir os seguintes três conceitos:

- *Morfologia* – Dimensão associada à tipologia do sistema de interesse e que, por isso, se encontra relacionada com o tipo de inovação inerente ao projecto de DFSS.
- *Maturidade* – Dimensão associada ao grau de novidade conceptual a introduzir no sistema de interesse, estando, assim, relacionada com o nível de inovação inerente ao projecto de DFSS.
- *Variedade* – Dimensão associada à heterogeneidade dos requisitos de projecto a satisfazer pelo sistema de interesse por diferentes gerações do sistema de interesse, ou por duas ou mais variantes desse sistema de interesse. Esses requisitos de projecto incluem os requisitos funcionais e/ou os constrangimentos.

Efectuou-se um levantamento sobre de que modo, e com que extensão, as metodologias de DFSS, propostas até à data de escrita desta tese, contemplam mecanismos e soluções para lidar com essas três dimensões. Os resultados desse levantamento, que teve em consideração a análise de um conjunto representativo dos principais trabalhos sobre DFSS, publicados entre 2002 e 2011, encontram-se indicados no apêndice XVII. As principais conclusões a retirar são as seguintes:

- Nenhuma das metodologias de DFSS contempla as três dimensões em simultâneo.
- Nenhuma das metodologias de DFSS detalha como é que o processo de decomposição deve decorrer quando a dimensão variedade se encontrar presente.

- Das três dimensões referidas, a menos discutida, na literatura analisada, é a variedade.
- A maioria das referências bibliográficas reconhece a necessidade de adaptar a metodologia de DFSS, incluindo as técnicas e ferramentas utilizadas, a diferentes morfologias e maturidades do sistema de interesse.
- A vertente metodológica a adoptar para a condução de um projecto Seis Sigma (Seis Sigma DMAIC *versus* DFSS) é dependente, em larga medida, da dimensão maturidade.

3.5. Seis Sigma DMAIC *versus* DFSS

Esta secção descreve as principais semelhanças e diferenças entre as abordagens de melhoria contínua (Seis Sigma DMAIC) e de inovação (DFSS) da vertente metodológica do Seis Sigma, bem como os critérios que devem ser tidos em conta aquando da opção entre uma e outra.

3.5.1. Semelhanças e diferenças

Segundo Yang e El-Haik (2003), a distinção entre as duas abordagens metodológicas prende-se, sobretudo, com o período do ciclo de vida do produto, serviço ou processo em que são aplicadas. A figura 3.43 enquadra as aplicações de projectos Seis Sigma DMAIC e de DFSS nas principais fases do ciclo de vida de produtos/serviços e de processos. O âmbito dos projectos executados de acordo com o ciclo DMAIC incide, assim, na melhoria incremental do desempenho de sistemas existentes, através da redução da variabilidade registada nas suas CTQCs, ao passo que os projectos de DFSS têm por objectivo a criação e introdução no mercado de novos produtos e/ou serviços, ou de novas aplicações para os existentes, com níveis superiores de desempenho (Montgomery, 2010), ou ainda aplicações em iniciativas de reengenharia de processos (Sokovic *et al.*, 2010).

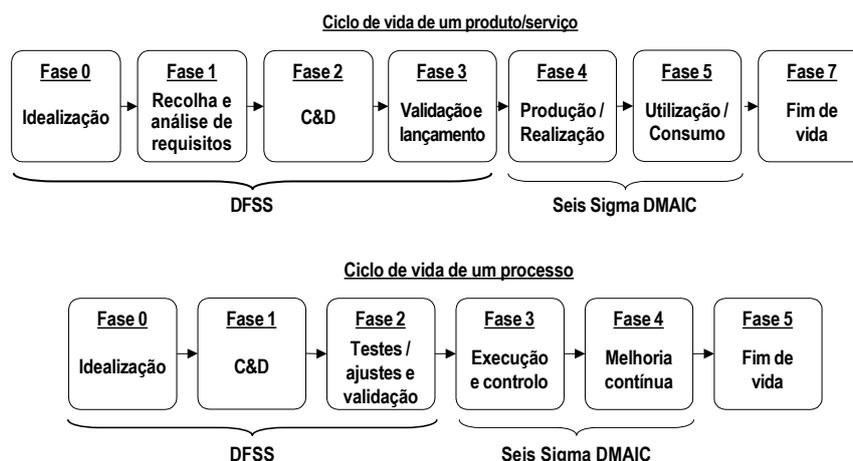


Figura 3.43 – Enquadramento da aplicação das duas vertentes metodológicas do Seis Sigma no ciclo de vida de produtos/serviços e processos (adaptado de: Yang e El-Haik, 2003).

Por intervir nas fases iniciais do ciclo de vida, onde as decisões tomadas têm maior impacto na qualidade e nos custos de ciclo de vida de um sistema, o DFSS assume-se como uma metodologia

mais proactiva do que a de melhoria contínua (Mader, 2006), pois procura prevenir a ocorrência de problemas, não em resolvê-los quando aparecem. Por outro lado, a duração dos projectos de DFSS é geralmente superior à dos projectos de Seis Sigma DMAIC, sendo que, para além disso, os primeiros requerem um maior investimento inicial (Chowdhury, 2003a). Contudo, no longo prazo, o potencial de retorno de um projecto de DFSS, se bem executado, é superior, pois previne a ocorrência de diversas ineficiências e de custos associados à resolução de problemas (Shahin, 2008).

Outra diferença prende-se com o número de características críticas para a qualidade. Projectos de DFSS lidam, tipicamente, com várias CTQCs, enquanto que projectos de melhoria contínua, desenrolados de acordo com o DMAIC, focalizam-se numa ou nalgumas (poucas) CTQCs (Ferryanto, 2007). Este raciocínio encontra-se espelhado na figura 3.44. Essa figura também evidencia outra diferença entre as duas abordagens metodológicas, referida por Ginn e Varner (2004): a realização de projectos de DFSS implica sempre a definição (em caso de concepção e desenvolvimento de raiz) ou a reformulação (caso haja reconcepção) dos elementos de solução pertencentes ao sistema de interesse; já na execução de projectos Seis Sigma com base no mapa DMAIC, os elementos de solução do sistema de interesse já se encontram definidos e não são alterados.

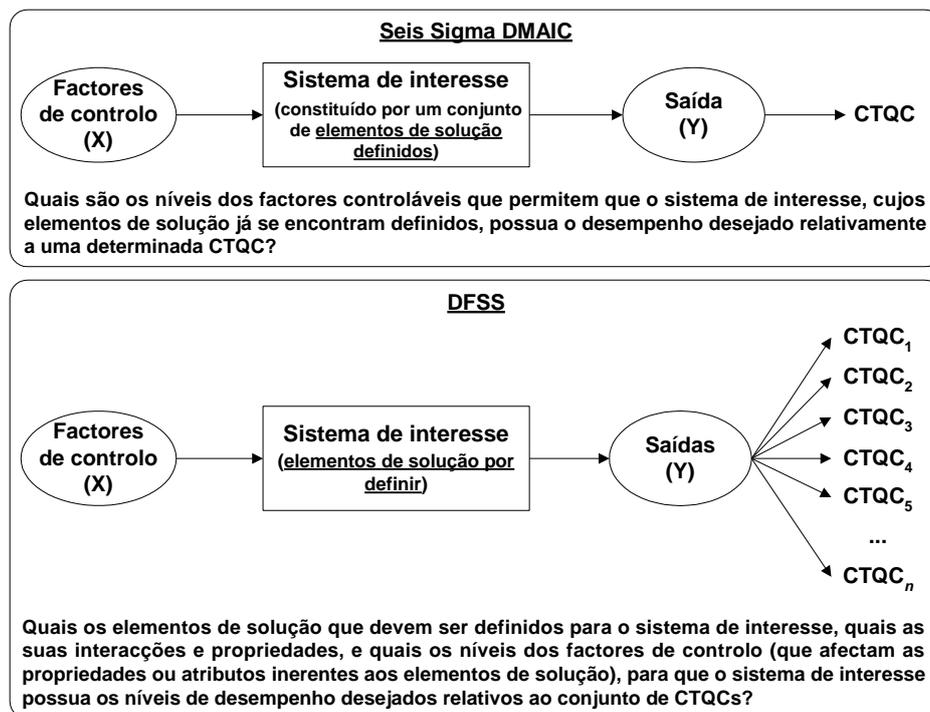


Figura 3.44 – Diferenças entre o Seis Sigma DMAIC e o DFSS, relativamente ao número de CTQCs e à definição dos elementos de solução do sistema de interesse (adaptado de: Ginn e Varner, 2004).

Yang e El-Haik (2003) utilizam a teoria do Projecto Axiomático para explicar a diferença entre as aplicações do Seis Sigma através do mapa DMAIC e aquelas envolvendo um mapa de DFSS. Num projecto DMAIC, a melhoria da qualidade de um produto, relativamente a uma determinada CTQC, (situada no domínio funcional), é feita através de ajustes nos níveis de uma ou mais variável(eis) do seu processo produtivo (situadas no domínio do processo). Os autores concluem, então, que o domínio físico, onde constam os parâmetros de projecto do produto, é ignorado num projecto Seis

Sigma DMAIC, ao passo que num projecto de DFSS, as decisões relativas à concepção e desenvolvimento do produto têm que, necessariamente, incluir também o domínio físico.

Pyzdek (1999) utiliza o modelo de Kano para comparar as duas vertentes metodológicas do Seis Sigma. Este modelo permite compreender melhor o modo como o grau de satisfação de um cliente aumenta, ou decresce, em função da aptidão de um sistema para conseguir cumprir os seus requisitos ou necessidades. O modelo de Kano tipifica tais requisitos em torno de três categorias principais⁷:

- *Requisitos básicos ou obrigatórios* – Tipo de requisitos que têm que ser satisfeitos pelo sistema, caso contrário provocarão grande grau de insatisfação nos clientes; contudo, se o nível de desempenho, relativamente ao cumprimento destes requisitos, aumentar, tal não vai provocar qualquer incremento no nível de satisfação dos clientes relativamente ao sistema.
- *Requisitos proporcionais* – Quanto melhor for o desempenho do sistema relativamente ao cumprimento deste tipo de requisitos, maior será o grau de satisfação por parte dos clientes.
- *Requisitos atraentes* – Requisitos que, estando muitas vezes associados a necessidades latentes, não criam expectativas nos clientes de que possam ser satisfeitos por alguma funcionalidade do sistema. Por este motivo, se, por um lado, a ausência de aptidão do sistema para cumprir este tipo de requisitos não cria insatisfação nos clientes, por outro, se o sistema os contemplar, poderá assistir-se a um forte aumento dos índices de satisfação dos clientes, devido ao facto de este ver as suas expectativas iniciais ultrapassadas.

Os requisitos atraentes estão relacionados com fenómenos de inovação, pelo que não se encontram presentes em projectos Seis Sigma DMAIC (Pyzdek, 1999), sendo apenas tidos em conta quando o projecto assume uma vertente de DFSS. Segundo o autor, projectos Seis Sigma que usem o ciclo DMAIC visam melhorar o desempenho do sistema em relação à capacidade deste para cumprir os requisitos proporcionais, assegurando um suficiente nível de cumprimento dos requisitos obrigatórios.

Para além das diferenças, existem também semelhanças entre as duas abordagens metodológicas da família Seis Sigma, nomeadamente as seguintes:

- Tanto a abordagem de Seis Sigma DMAIC como a de DFSS decorrem projecto a projecto (Mader, 2003).
- Ambas utilizam, de forma estruturada, um conjunto de técnicas e ferramentas para apoiar as actividades que compõem os respectivos mapas metodológicos (Cronemyr, 2007).
- Em cada transição de fases dos mapas metodológicos respectivos, ocorre uma revisão formal, ou *tollgate*, do projecto Seis Sigma (Jugulum e Samuel, 2008).
- As duas apoiam-se na mesma estrutura humana, inerente a um sistema ou programa Seis Sigma, constituída por *Champions*, *Sponsors*, *Master Black Belts*, *Black Belts*, *Green Belts*, entre outros eventuais (Gitlow *et al.*, 2006).
- Embora haja algumas técnicas ou ferramentas dirigidas mais especificamente para uma ou outra abordagem, a maior parte delas são partilhadas pelas duas vertentes metodológicas.

O quadro 3.13 resume as principais diferenças entre o Seis Sigma DMAIC e o DFSS.

⁷ Para além destas categorias, podem ocorrer outras três situações no modelo de Kano: requisitos indiferentes, requisitos duvidosos e requisitos contraditórios; para informação adicional consultar Shiba (2001).

Quadro 3.13 – Resumo das principais diferenças entre o Seis Sigma DMAIC e o DFSS.

	Seis Sigma DMAIC	Projecto para Seis Sigma (DFSS)
Mapa metodológico.	DMAIC.	Vários mapas propostos, sendo o DMADV e o IDOV os mais utilizados.
Âmbito de aplicação.	Melhoria contínua do desempenho de produtos, serviços e processos, através da redução da variabilidade registada nas suas CTQCs, mas sem efectuar alterações fundamentais às decisões conceptuais tomadas para o sistema de interesse.	Concepção e desenvolvimento de novos produtos, serviços e/ou processos, ou reconcepção dos existentes, de modo a assegurar níveis superiores de desempenho e a minimizar as vulnerabilidades conceptuais da solução.
Melhoria do desempenho	Significativo.	Muito significativo.
Nível de risco associado	Médio ou baixo.	Médio ou elevado.
Abordagem ao problema.	Correctivo e reactivo.	Preventivo e proactivo.
Duração do projecto.	Média (em geral de 3 a 6 meses).	Em geral mais longa do que a dos projectos Seis Sigma DMAIC; depende do nível de inovação, incremental ou radical, associado ao projecto de DFSS.
Investimento no projecto.	Menor do que nos projectos de DFSS.	Maior do que nos projectos Seis Sigma DMAIC.
Número de CTQCs	Uma ou poucas.	Várias.
Modelo de Kano	Abrange os requisitos obrigatórios e os proporcionais.	Para além dos requisitos obrigatórios e proporcionais, abrange também os requisitos atraentes.

3.5.2. Critérios de escolha e sinergias entre as abordagens metodológicas

Segundo Nave (2002), projectos assentes no ciclo DMAIC assumem que:

- As actuais soluções conceptuais para o produto/serviço estão, no essencial, correctas e são as mais económicas.
- As necessidades e expectativas dos clientes são integralmente satisfeitas por essa solução.
- A actual configuração do produto/serviço satisfaz adequadamente os requisitos funcionais aplicáveis.

Esta conclusão de Nave (2002) coincide com as de Tennant (2002a), Yang e El-Haik (2003) e Ginn e Varner (2004), que afirmam que os projectos Seis Sigma DMAIC não incidem na alteração das funcionalidades e atributos críticos de um dado produto ou serviço, nem na modificação dos seus elementos de solução.

Diversos autores, entre os quais Harry e Shroeder (2000), Berryman (2002), Brue e Launsby (2003), Chowdhury (2003), Watson (2005) e Ray e Das (2009), estão de acordo sobre a dificuldade de, através do mapa DMAIC, elevar o patamar de desempenho dos processos, relativamente aos resultados produzidos, no que se refere às suas CTQCs, a Níveis Sigma igual a seis ($Z = 6$). De

acordo com este princípio, existe um limite potencial máximo, até ao qual o desempenho pode ser otimizado. Segundo os mesmos autores, essa “barreira”, que equivale a um Nível Sigma igual a cinco ($Z = 5$), só pode ser vencida, muitas das vezes, através da reengenharia desse processo e/ou da reconcepção do produto, independentemente do seu grau de tangibilidade.

Outros autores discordam da regra referida no parágrafo anterior, considerando-a muito simplista e/ou pouco rigorosa, pelo que aconselham a que sejam tomadas em consideração outros critérios para definir a vertente metodológica a adoptar na realização de um projecto Seis Sigma (Bañuelas e Antony, 2004). Por exemplo, Pande *et al.* (2000) consideram que é preferível enveredar por um projecto de DFSS para a criação ou reengenharia de um ou mais processos, em detrimento da melhoria do(s) existente(s), através do mapa DMAIC, quando:

- Existir uma grande oportunidade, necessidade ou ameaça (e.g. mudanças sócio-económicas, necessidade de maior flexibilidade ou capacidade para satisfazer o volume de procura, novos regulamentos, novas tecnologias, mutação da realidade competitiva, entre outros).
- Houver condições para assumir os riscos associados à realização de um projecto de DFSS (e.g. maior tempo de duração do projecto, maior investimento inicial, maior necessidade de utilização de recursos humanos e/ou materiais, grau técnico de dificuldade acrescido, maior exposição a culturas organizacionais adversas à mudança, entre outros).

Já para Yang e El-Haik (2003), a opção pela realização de um projecto de DFSS deverá ser exercida quando:

- A organização decidir alterar, ao invés de melhorar, um ou mais dos seus processos-chave.
- Uma equipa de projecto Seis Sigma, ao procurar melhorar o desempenho de um dado processo, constatar que não é possível alcançar os níveis de qualidade requeridos.
- A organização identificar uma oportunidade para o desenvolvimento de novos produtos ou serviços.

A decisão entre conduzir um projecto Seis Sigma através do mapa DMAIC ou, em alternativa, por via de um mapa de DFSS deve ser tomada ainda antes de o processo de selecção de projectos Seis Sigma estar concluído (Ginn e Varner, 2004). Para esse fim, Bañuelas e Antony (2003) propuseram a utilização de uma metodologia multicritério, inspirada no *Analytical Hierarchy Process* (AHP), com vista a apoiar a tomada de decisão relativamente à seguinte questão: deve optar-se por melhorar o desempenho do produto/serviço e/ou processo existente (através de um projecto Seis Sigma DMAIC), ou, em alternativa, optar-se pela reconcepção desse produto/serviço e/ou reengenharia do processo (através de um projecto de DFSS)? A aplicação prática desta metodologia foi posteriormente testada e validada em Bañuelas e Antony (2004) e Bañuelas (2005).

Embora seja recomendável, nem sempre é possível reunir toda a informação necessária para conseguir definir, com o rigor desejado, nas fases de identificação e selecção de projectos Seis Sigma, se determinado projecto deverá ser executado de acordo com o mapa DMAIC ou se é recomendável que este seja realizado através de uma abordagem metodológica de DFSS. Como solução para este problema, vários autores, incluindo Kiemele (2003), Ginn e Varner (2004), Bañuelas

(2005), Lunau *et al.* (2009) e Sokovic *et al.* (2010), têm sugerido que se tire partido de simbioses lógicas existentes entre as fases do mapa DMAIC e aquelas que fazem parte do mapa de DFSS adoptado. As figuras 3.45 e 3.46 representam duas propostas para assegurar uma articulação sinérgica entre o DMAIC e dois dos principais mapas de DFSS, o DMADV e o IDOV.

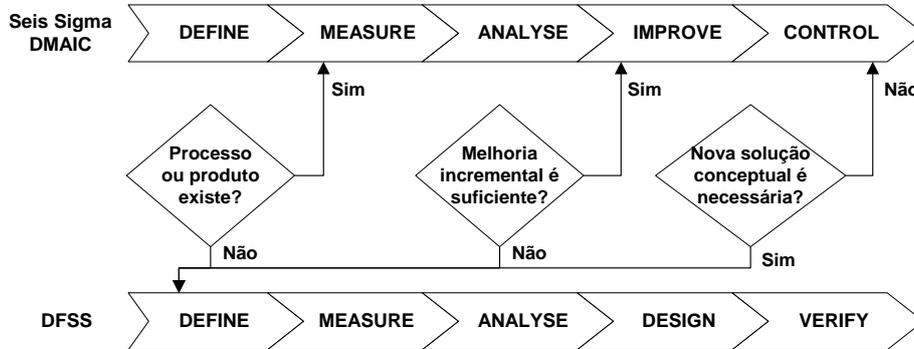


Figura 3.45 – Simbiose entre os mapas DMAIC e DMADV (fonte: Lunau *et al.*, 2009).

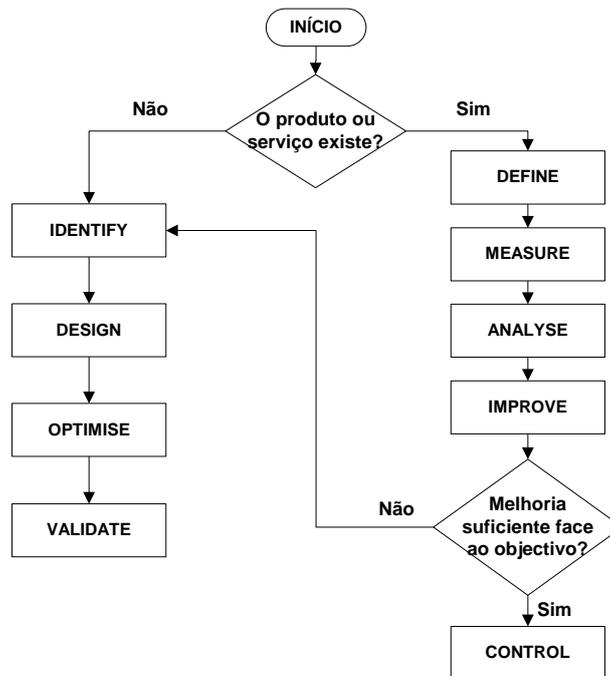


Figura 3.46 – Simbiose entre os mapas DMAIC e IDOV (fonte: Kiemele, 2003).

Cronemyr (2007) também identifica e discute um conjunto de sinergias entre as duas vertentes metodológicas do Seis Sigma. O autor adopta o DMADV como mapa de referência para a metodologia de DFSS. Ao contrário da maior parte da literatura, Cronemyr (2007) sugere que a simbiose, entre o DMAIC e o DMADV, seja assegurada através de utilização de um único mapa, a que baptizou de DMADC (*Define, Measure, Analyse, Design, Control*). Embora o DMADC permita uniformizar a condução de projectos Seis Sigma, sejam eles de inovação ou de melhoria contínua, apresenta a fragilidade de não ter em conta algumas particularidades relevantes, inerentes a cada uma delas.

3.6. Conclusões

As conclusões deste capítulo vão ser agrupadas em três categorias:

- 1) Conclusões referentes às principais diferenças, semelhanças e sinergias entre projectos Seis Sigma desenvolvidos segundo uma abordagem de DFSS e projectos que decorram de acordo com o mapa DMAIC.
- 2) Conclusões relativas ao estado da arte das abordagens metodológicas DFSS que têm sido apresentadas e propostas.
- 3) Conclusões acerca da importância que um conjunto de conceitos-chave, abordados no capítulo, tem para a definição da metodologia de DFSS a desenvolver na tese.

As conclusões a destacar acerca das diferenças entre o DFSS e a vertente tradicional do Seis Sigma, apoiada no ciclo DMAIC, são as seguintes:

- Projectos Seis Sigma assentes no DMAIC são fundamentalmente úteis quando a intenção é melhorar a eficácia e/ou a eficiência de um sistema existente, ao passo que projectos de DFSS implicam a introdução de alterações conceptuais num sistema existente ou a criação de um novo conceito para um determinado sistema.
- Relativamente ao posicionamento no modelo de Kano, projectos Seis Sigma DMAIC, ao contrário do que sucede com os de DFSS, não envolvem CTQCs que se enquadrem na tipologia de requisitos atraentes.
- Quando se pretenderem aumentos significativos ou muito significativos de desempenho num sistema, o recurso à abordagem de DFSS é recomendável, sendo preferível, pelo contrário, usar o Seis Sigma DMAIC quando a melhoria de desempenho pretendida for incremental.
- Projectos de DFSS têm habitualmente uma maior duração e requerem um investimento superior àquilo que acontece com projectos conduzidos através do ciclo DMAIC.
- Apesar das diferenças, as duas abordagens partilham um conjunto de princípios e de boas práticas, destacando-se o facto de ambas decorrerem projecto a projecto, assentarem numa estrutura humana comum, adoptarem revisões intermédias formais e de utilizarem, de forma articulada, um vasto e completo conjunto de técnicas e ferramentas
- Considerando as fases que compõem o ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, a decisão relativa à vertente metodológica que o projecto Seis Sigma irá assumir deve ser tomada o mais a montante possível desse ciclo de vida, se possível ainda antes da fase de selecção de projectos.
- Nem sempre é possível definir com rigor, antes de se iniciar um projecto Seis Sigma, qual a melhor abordagem metodológica a adoptar. Nesses casos, é vantajoso tirar partido das sinergias existentes entre o mapa DMAIC e o mapa de referência usado no DFSS para, se necessário ou vantajoso, transitar entre mapas metodológicos sem comprometer o trabalho realizado.

As principais conclusões relacionadas com a abordagem metodológica de DFSS são as seguintes:

- Ainda não existe unanimidade relativamente ao mapa metodológico para levar a cabo a realização de projectos de DFSS, sendo isso constatável pela diversidade de acrónimos para esses mapas propostos na literatura.
- O DMADV é o mapa de DFSS mais vezes citado nos livros e artigos científicos sobre DFSS.
- O IDOV é o mapa de DFSS que mais vezes é utilizado nos casos de estudo e aplicações empresariais, de acordo com o levantamento da literatura que foi efectuado
- Independentemente do acrónimo adoptado, todos os mapas de DFSS percorrem fielmente as principais etapas do processo de concepção e desenvolvimento.
- Vários autores utilizam diferentes mapas de DFSS, em função da tipologia do sistema de interesse e/ou do nível de inovação inerente ao projecto de DFSS.
- A maioria da literatura reconhece a importância de assegurar a aplicabilidade da metodologia de DFSS a diferentes contextos de morfologia e maturidade do sistema de interesse.
- A dimensão variedade raramente é contemplada, e até referida, nas metodologias de DFSS que têm sido propostas.
- Não foi identificada qualquer metodologia de DFSS que contemplasse, em simultâneo, as dimensões de morfologia, maturidade e variedade.

Ao longo deste capítulo foram identificados alguns conceitos que assumem relevância na metodologia de DFSS que se pretende desenvolver. As principais conclusões acerca do seu papel e importância no seio da metodologia são as seguintes:

- O conceito de sistema tem grande importância num contexto de DFSS, pois é fundamental para se delimitar correctamente o âmbito do projecto e a entidade que se pretende conceber, ou reconceber, e desenvolver. Essa entidade é designada de “sistema de interesse”.
- Cada projecto de DFSS pode assumir determinadas particularidades próprias, as quais são função das dimensões “variedade”, “maturidade” e “variedade”. Para melhor compreender essas particularidades e saber lidar com elas, é importante considerar os diferentes factores taxonómicos associados ao conceito de inovação.
- Um objectivo central do DFSS, independentemente da abordagem metodológica adoptada, é o de maximizar o valor gerado pelo sistema de interesse ao longo do seu ciclo de vida.
- São as funções desempenhadas por um sistema que permitem que este crie valor para os clientes ou utilizadores; no entanto, como nem todas as funções têm a mesma finalidade nem criam o mesmo grau de utilidade, elas são tipificadas em torno de categorias. Essa categorização das funções deve ser tida em conta durante as actividades conceptuais e de projecto previstas numa metodologia de DFSS centrada na criação de valor.
- Os requisitos de projecto que o sistema de interesse precisa ver satisfeitos, através de um conjunto adequado de elementos de solução, subdividem-se em duas categorias, que importa distinguir: requisitos funcionais e constrangimentos. Para contornar a dificuldade, muitas

vezes patente, em distinguí-las claramente, a tipificação das funções (e, portanto, dos requisitos funcionais) e dos constrangimentos reveste-se de grande utilidade.

- São os elementos de solução a definir para o sistema, durante as actividades conceptuais e de projecto da metodologia de DFSS, que permitirão satisfazer os requisitos funcionais, bem como os constrangimentos aplicáveis. Geralmente, os elementos de solução, ou parâmetros de projecto, têm de ser integrados em componentes físicos e/ou lógicos concretos, frequentemente designados por componentes do sistema (SCs).
- O processo de decomposição e a consistência das decisões conceptuais tomadas ao longo deste assumem um papel central e muito relevante num contexto metodológico de DFSS centrado na criação de valor e na robustez conceptual do sistema de interesse. O processo de decomposição, que está associado ao modelo em “V”, permite detalhar todas as decisões conceptuais e da arquitectura do sistema de interesse, facilitando posteriormente a integração dos elementos de solução e a optimização funcional do sistema.

Com base na revisão bibliográfica realizada neste capítulo e nas conclusões acima enumeradas, indicam-se de seguida as principais lacunas da literatura, em torno da temática do Projecto para Seis Sigma (DFSS), que puderam ser identificadas:

- Nenhuma da literatura consultada contempla uma metodologia de DFSS que contemple procedimentos e técnicas/ferramentas para lidar, simultaneamente, com as dimensões de morfologia, maturidade e variedade. Além disso, nenhuma da literatura consultada procedeu à tipificação de cada uma dessas dimensões.
- Uma vez que o grau de inovação inerente a um determinado projecto Seis Sigma tem geralmente influência directa na escolha da abordagem metodológica mais adequada (Seis Sigma DMAIC ou DFSS), bem como na própria selecção do mapa metodológico a adoptar numa vertente de DFSS, é importante definir, de forma clara e sistemática, em que contextos de inovação, determinados mapas metodológicos DFSS são preferíveis em detrimento de outros. Esta análise está, na generalidade das referências bibliográficas consultadas, por fazer.
- A revisão bibliográfica efectuada neste capítulo permitiu determinar quais os mapas metodológicos de DFSS mais utilizados, tanto a nível da literatura como na prática. Esta investigação, feita nesta tese de doutoramento, veio suprimir uma lacuna importante na literatura existente, dado não ter sido detectada qualquer referência que tivesse efectuado tal estudo ou análise.
- As metodologias de DFSS propostas pela literatura não costumam ser contextualizadas no ciclo de vida de projetos Seis Sigma, e respectivas fases, o que seria relevante acontecer, dado o Seis Sigma ser uma abordagem em que as iniciativas de melhoria, ou de inovação, decorrem projecto a projecto.
- O processo de decomposição desempenha um papel muito importante no seio de um projecto de DFSS. A manutenção da consistência das decisões conceptuais, ao longo de toda a decomposição, é vital para assegurar a robustez conceptual do sistema de interesse. Todavia, nenhuma da literatura consultada fornece mecanismos nem linhas de orientação de

auxiliem as equipas de projecto a manter a coerência das decisões conceptuais à medida que a decomposição avança.

- O processo de decomposição normalmente não é discutido na literatura sobre DFSS quando existe uma situação de variedade espacial, temporal ou mesmo geracional. Assim, importa também desenvolver linhas de orientação que permitam que se efectue o processo de decomposição quando qualquer uma das situações referidas ocorre.

PARTE II

CONTRIBUTOS E RESPOSTAS DECORRENTES DA INVESTIGAÇÃO EFECTUADA

CAPÍTULO 4

Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão

4.1. Introdução

Neste capítulo, identificam-se um conjunto de relações e de sinergias entre o Seis Sigma e um conjunto relevante e representativo de referenciais de gestão, de modo a desenvolver modelos e linhas de orientação que têm o objectivo de facilitar e permitir sistematizar a sua integração.

As soluções de integração, propostas neste capítulo, assentam no reconhecimento do Seis Sigma como sistema alargado de gestão. Utilizando como plataforma de suporte a estrutura e as directrizes fornecidas pelo ISO Guide 72:2001, será explorada a integração do Seis Sigma com os seguintes referenciais normativos de gestão:

- Sistemas de gestão da qualidade, baseados no referencial normativo ISO 9001.
- Sistemas de gestão ambiental, assentes no referencial normativo ISO 14001.
- Sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho, atendendo ao referencial normativo OHSAS 18001.
- Referencial ISO/IEC 17025 para a acreditação de laboratórios de ensaio e calibração.
- Referencial ISO/IEC 17020 para a acreditação de organismos de inspecção.

Pela sua relevância, resultante do facto de ser o referencial de gestão mais utilizado em todo o mundo, o estudo centrar-se-á com maior incidência na integração com a norma ISO 9001. Para além da integração com os referenciais normativos indicados, propõem-se também linhas de orientação e modelos, tendo em vista uma fácil e sistemática integração do Seis Sigma com o referencial ITIL v3, que descreve as boas práticas para gerir os serviços de TI.

Antes de prosseguir, deixar apenas a nota importante de que, dada a adopção da perspectiva de sistema alargado de gestão, os termos “programa Seis Sigma” e “sistema Seis Sigma” serão utilizados, no que se refere às propostas de integração descritas, de forma indiferenciada.

4.2. Relevância da integração

Em 1987, com o intuito de facilitar as relações comerciais a nível mundial, foram publicadas as primeiras versões das normas internacionais de garantia e melhoria da qualidade pertencentes à família ISO 9000 (Sampaio, 2008). A crescente popularidade destes referenciais de gestão tem sido demonstrada pelo forte e rápido aumento do número de organizações que, de forma voluntária, a eles têm aderido (Saraiva, 2001), atingindo um sucesso jamais alcançado por quaisquer outras normas internacionais (Capelas, 2001). De acordo com os dados publicados no ISO *Survey* 2010 (ISO, 2011c), em Dezembro de 2010 existiam pelo menos 1.109.905 entidades certificadas, em 178 países, pela norma ISO 9001.

Ao longo dos últimos quinze anos, assistiu-se à publicação de diferentes normas internacionais, muitas delas com possibilidade de serem usadas com fins de certificação, relativas a sistemas de gestão dirigidas para outros domínios, como são o caso do ambiente e da segurança, ou orientadas para a gestão da qualidade em sectores de actividade específicos, como o das telecomunicações, da indústria automóvel, entre outros (Sampaio e Saraiva, 2010). O quadro 4.1 resume alguns dos principais referenciais de gestão, passíveis de serem utilizados para efeito de certificação, que surgiram após a segunda revisão, em 1994, da série de normas ISO 9000.

Outras normas internacionais importantes, que também contêm requisitos relativos a sistemas de qualidade, são utilizadas para efeitos de acreditação. De acordo com o ISO/IEC Guide 2:2004, “acreditação” é o reconhecimento formal por parte de uma entidade autorizada de que uma organização ou pessoa é competente para realizar tarefas específicas, ao passo que “certificação” consiste na garantia escrita, por uma terceira parte, de que um processo, produto ou serviço está em conformidade com os requisitos especificados. No campo da acreditação, merecem ser destacados os quatro referenciais indicados no quadro 4.1.

A nível nacional, outros dois referenciais de gestão, passíveis de serem utilizados para fins de certificação, têm vindo a assumir particular relevância: as normas portuguesas NP 4427:2004 e NP 4457:2007. A primeira estabelece os requisitos mínimos para a gestão de recursos humanos; a segunda, especifica os requisitos de um sistema eficaz de gestão da investigação, desenvolvimento e inovação (IDI).

A crescente adopção de múltiplos referenciais de gestão por parte de empresas e instituições tem conduzido a que estas implementem formalmente uma diversidade de sistemas de gestão em torno de diferentes domínios (Jonker e Karapetrovik, 2004). Para articular o conjunto de sistemas associados aos diferentes referenciais de gestão, muitas organizações têm procurado desenvolver e implementar um único e integrado sistema de gestão (Bernardo *et al.*, 2009). Neste domínio, os sistemas integrados de gestão da qualidade, ambiente e segurança, têm assumido especial relevo (Zeng *et al.*, 2007).

Quadro 4.1 – Principais referenciais de gestão de carácter universal e sectorial.

Designação	Domínio	Primeira publicação	Última revisão	Aplicabilidade	Finalidade
ISO 9001	Gestão da qualidade	1987	2008	Qualquer sector	Certificação
ISO 14001	Gestão ambiental.	1996	2004	Qualquer sector	Certificação
SA 8000	Gestão da responsabilidade social.	1997	2008	Qualquer sector	Certificação
OHSAS 18001	Gestão da segurança, higiene e saúde no trabalho.	1999	2007	Qualquer sector	Certificação
ISO 22000	Gestão da segurança alimentar,	2005	2005	Qualquer sector, para organizações que operem na cadeia alimentar	Certificação
ISO/IEC 27001	Gestão da segurança da informação.	2005	2005	Qualquer sector	Certificação
ISO/IEC 20000	Gestão de serviços de tecnologias de informação (TI).	2005	2011	Qualquer sector, para organizações que possuam infraestruturas de TI	Certificação
ISO/TS 16949	Gestão da qualidade no sector automóvel.	1999	2009	Sector automóvel	Certificação
TL 9000 Requirements Handbook	Gestão da qualidade no sector das telecomunicações.	1998	2009	Sector das telecomunicações	Certificação
ISO 13485	Gestão da qualidade no sector dos dispositivos médicos.	1996	2003	Sector dos dispositivos médicos	Certificação
AS9100	Gestão da qualidade do sector aeroespacial.	1999	2009	Sector aeroespacial	Certificação
ISO/IEC 17025	Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração.	1999	2005	Laboratórios de ensaio e calibração	Acreditação
ISO 15189	Requisitos particulares de qualidade e competência para laboratórios clínicos.	2003	2007	Laboratórios clínicos	Acreditação
ISO/IEC 17020	Critérios gerais para o funcionamento de organismos de inspecção.	1998	1998	Organismos de inspecção	Acreditação
ISO/IEC 17024	Requisitos gerais para organismos de certificação de pessoas.	2003	2003	Organismos de certificação de pessoas	Acreditação

Com o objectivo de melhorar o interface entre os diferentes comités técnicos, responsáveis pelo desenvolvimento e revisão dos demais referenciais normativos de gestão, e os mercados por estes abrangidos, o organismo internacional de normalização (ISO) publicou o ISO Guide 72:2001 (Jørgensen *et al.*, 2006; Djapik e Lukic, 2008). Deste modo, procurou assegurar-se a compatibilidade entre a estrutura das diferentes normas relativas a sistemas de gestão e uniformizar um conjunto de elementos transversais a todas elas (Rasmussen, 2007). As linhas de orientação, que constam do referido guia, encontram-se organizadas em torno de um conjunto comum de elementos repartidos por seis assuntos principais, conforme indicado no quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Assuntos e elementos comuns aos referenciais de gestão, segundo o ISO Guide 72.

Assuntos principais comuns	Elementos comuns
Política.	<ul style="list-style-type: none"> • Política e princípios.
Planeamento.	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas. • Selecção de questões importantes a serem abordadas. • Definição de objectivos e metas. • Identificação de recursos. • Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades. • Planeamento dos processos operacionais. • Preparação de contingência para eventos previsíveis.
Implementação e operação.	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo operacional. • Gestão de recursos humanos. • Gestão de outros recursos. • Documentação e seu controlo. • Comunicação. • Relacionamento com fornecedores e subcontratados.
Avaliação de desempenho.	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorização e medição. • Análise e tratamento de não conformidades. • Auditorias ao sistema.
Melhoria.	<ul style="list-style-type: none"> • Acções correctivas. • Acções preventivas. • Melhoria contínua.
Revisão pela gestão.	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão pela gestão.

O carácter transversal do ISO Guide 72 encontra-se espelhado no seu âmbito alargado, sendo as suas linhas de orientação aplicáveis ao desenvolvimento e revisão de três categorias, ou tipos, de normas relativas a sistemas de gestão:

- *Tipo A:* referenciais contendo requisitos para sistemas de gestão, sejam de carácter genérico ou referentes a sectores específicos. Este tipo de normas destina-se a fornecer ao mercado as especificações relevantes para o sistema de gestão de uma organização para demonstrar a sua capacidade em ir ao encontro dos requisitos internos e externos aplicáveis.
- *Tipo B:* referenciais contendo linhas de orientação para sistemas de gestão, sejam de carácter genérico ou referentes a sectores específicos. Visam auxiliar as organizações a

implementar e/ou a melhorar o seu sistema de gestão, através do fornecimento de orientações adicionais, relativas aos requisitos constantes de um dado referencial de gestão, ou através de orientações autónomas, sem ligação a qualquer referencial de gestão.

- *Tipo C*: referenciais relacionados com os sistemas de gestão. Tipo de normas que se destinam a fornecer informações sobre partes específicas de um sistema de gestão, ou orientações relativas à terminologia adoptada, ou a ferramentas, técnicas e métodos utilizáveis no seio de um dado sistema de gestão.

A figura 4.1 enquadra vários dos mais relevantes referenciais de gestão, assumam eles um carácter de aplicação universal ou sectorial, nos diferentes tipos de referenciais de gestão, conforme a taxonomia indicada no ISO Guide 72.

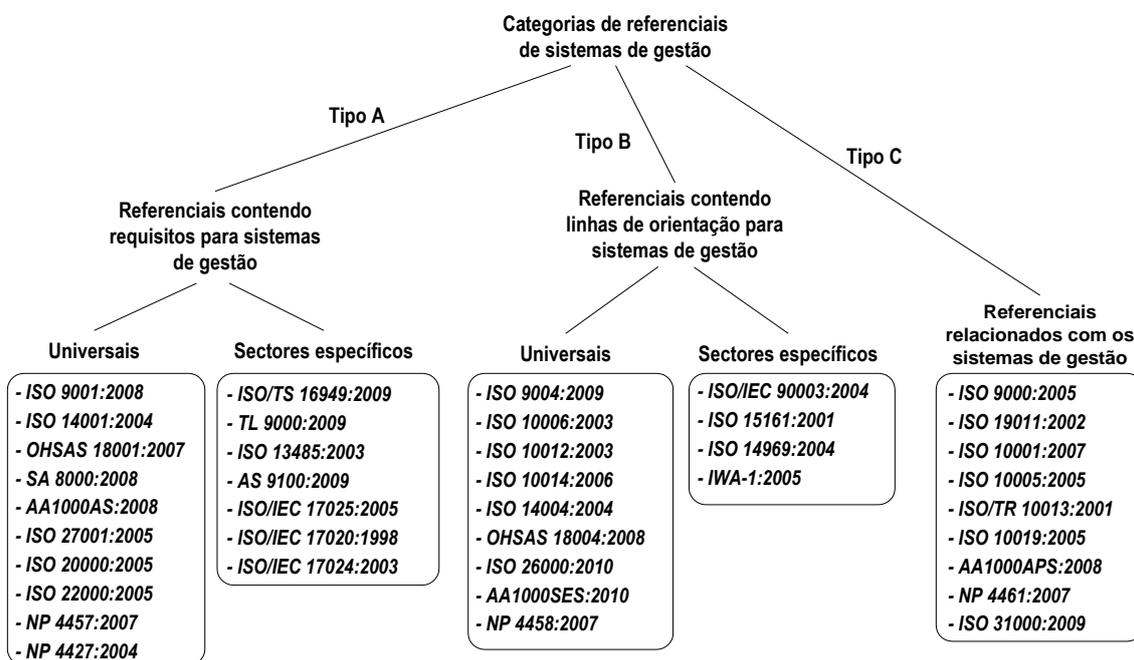


Figura 4.1 – Enquadramento de vários dos mais relevantes referenciais de gestão na categorização indicada no ISO Guide 72.

O ISO Guide 72 constitui, pelos motivos descritos anteriormente, um instrumento útil para se proceder à integração de diferentes sistemas de gestão, respeitem estes à qualidade, ambiente, segurança, responsabilidade social, recursos humanos, inovação, ou a qualquer outro escopo. Tendo por inspiração os requisitos comuns indicados no ISO Guide 72 e a sua estrutura, o organismo britânico de normalização (BSI) publicou o primeiro referencial, com possibilidade de ser usado para efeitos de certificação, contendo os requisitos para a implementação de um sistema integrado de gestão, a especificação PAS 99:2006 (Rasmussen, 2007), em que PAS significa *Public Available Specification*. A PAS 99:2006 enquadra-se num quadro em que uma organização adopte dois ou mais sistemas de gestão diferentes, fornecendo os mecanismos que a auxiliam a desenvolver, implementar, manter e melhorar um único e holístico sistema de gestão (Djapik e Lukic, 2008). Importa referir que uma organização não pode ser unicamente certificada pela PAS 99:2006 (Rasmussen, 2007), tendo que deter as certificações individuais dos sistemas de gestão, englobados no seu sistema integrado.

Os requisitos da especificação PAS 99:2006 encontram-se organizados em torno de seis cláusulas, que correspondem aos seis assuntos principais comuns aos referenciais de gestão identificados no ISO Guide 72. Existe ainda uma sétima cláusula correspondente a um conjunto de requisitos gerais. Por sua vez, as subcláusulas inseridas em cada uma das seis cláusulas principais são inspiradas nos elementos comuns do ISO Guide 72. O modelo da PAS 99:2006, que se encontra representado na figura 4.2, articula os seis elementos comuns do ISO Guide 72 e as cláusulas/subcláusulas aí incluídas com o ciclo de melhoria contínua PDCA.

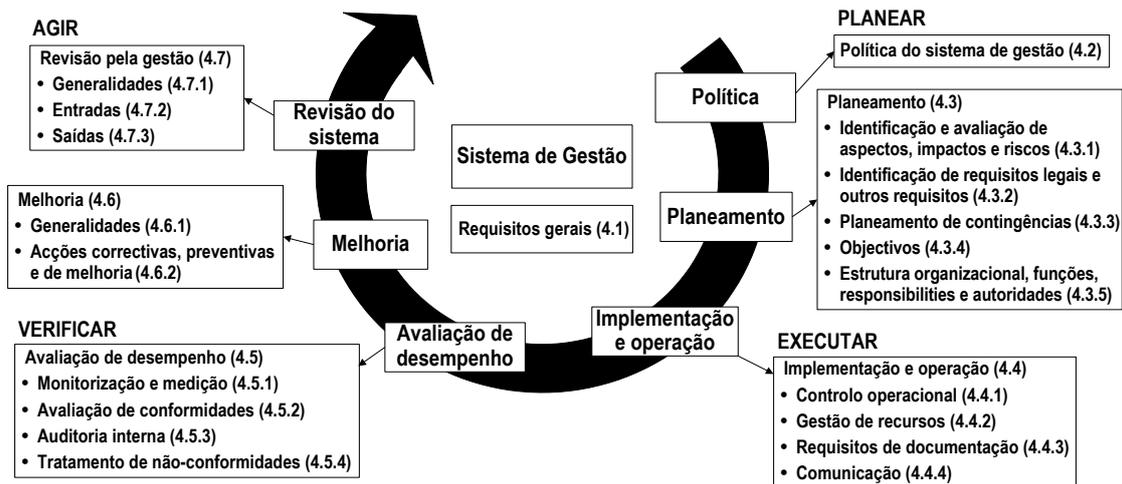


Figura 4.2 – Modelo da especificação PAS 99:2006 (adaptado de Djapic e Lukic, 2008).

Para além da integração dos múltiplos referenciais de gestão entre si, a articulação entre estes com a abordagem Seis Sigma tem também merecido, embora numa escala comparativamente menor, uma crescente atenção por parte dos mundos empresarial e académico. De facto, se, por um lado, se tem registado uma adesão voluntária massiva das organizações aos referenciais de gestão, por outro, o Seis Sigma tem captado um interesse cada vez maior por parte de organizações de todo o mundo, actuando nos mais variados sectores de actividade (Bendell, 2005; Nonthaleerak e Hendry, 2008).

Uma das áreas de investigação emergentes da temática do Seis Sigma, mas ainda pouco aprofundada, diz respeito ao desenvolvimento de soluções que facilitem a sua integração com outras abordagens e iniciativas da qualidade (Hoerl, 2004; Nonthaleerak e Hendry, 2006; Antony *et al.*, 2006; Kwak e Anbari, 2006; Kumar *et al.*, 2008; Aboelmaged, 2010), em particular com diferentes referenciais de gestão (Hahn, 2005; Salah *et al.*, 2010). Para além da integração com os referenciais normativos de gestão, em particular a ISO 9001, o desenvolvimento de mecanismos e linhas de orientação, que permitam articular o Seis Sigma com outros referenciais ou modelos de gestão, tem assumido alguma relevância. A seguinte classificação é aqui adoptada para agrupar os diferentes tipos de referenciais/modelos de gestão:

- *Referenciais normativos de gestão* – Enquadram-se na definição e na taxonomia fornecida pelo ISO Guide 72.
- *Referenciais de excelência* – Modelos que incluem um conjunto abrangente e integrado de critérios em torno dos princípios da gestão pela qualidade total, que permitem às organizações autoavaliarem-se sobre o seu estágio de desenvolvimento em relação a critérios considerados

chave para atingir os padrões de liderança do negócio (Moutinho, 2004), possibilitando-lhe também candidatar-se a prémios de prestígio nacional, regional e/ou internacional relativamente à excelência da gestão.

Exemplos: EFQM, *Malcolm Baldrige* (MBNQA), *Deming Prize Model*.

- *Referenciais de melhores práticas* – Modelos de gestão de referência, mas não normativos, geralmente desenvolvidos e propostos por organismos ou associações profissionais reconhecidos, com vista a divulgar e a promover a adopção das melhores práticas de gestão em determinado domínio ou sector de actividade.

Exemplos: Modelos de gestão de conhecimento da APQC, infraestrutura ITIL para as melhores práticas de gestão de serviços de TI, modelo de referência SCOR para a gestão das operações na cadeia logística.

- *Filosofias de gestão* – Abordagens à gestão, desenvolvidas no seio de instituições académicas e/ou de organizações empresariais, em resultado de conhecimento e experiência acumulados. Assentam num conjunto sólido e fundamentado de conceitos, teorias e princípios para propor um leque de critérios, linhas de orientação e melhores práticas em torno de um determinado domínio, de âmbito mais ou menos alargado.

Exemplos: *Balanced Scorecard*, *Lean Management*.

Os quadros 4.3 a 4.6 enquadram diferentes modelos de gestão em cada uma destas quatro tipologias, indicando, também, literatura de referência que aborda ou aprofunda a sua integração com a abordagem Seis Sigma.

Quadro 4.3 – Literatura que aborda a integração do Seis Sigma com diferentes referenciais normativos de gestão.

Integração do Seis Sigma com	Temática abordada em
ISO 9001	Karhi <i>et al.</i> (2011), Bewoor e Pawar (2010), Yeung (2007), Rebelato e Oliveira (2006), Lupan <i>et al.</i> (2005), Van den Heuvel <i>et al.</i> (2005) Pfeifer <i>et al.</i> (2004), Gupta (2004), Vallejo e Galante (2004), Warnack (2003) Snee e Hoerl (2003), Dey (2002).
ISO 14001	Marsh e Perera (2010), Marsh (2009), EPA (2009), Edgeman e Dugan (2008), Stefano <i>et al.</i> (2008), Campbell (2004).
OHSAS 18001	Franz (2009), Lok <i>et al.</i> (2008). Williamsen (2005), ReVelle (2004), Janicak (2003), Rancour e McCracken (2000).
SA 8000	EPICOR (2010), Leigh e Waddock (2006).
ISO/IEC 17025	Christian e Drilling (2010), Hacham e Sheinman (2003).
ISO 13485	Hrgarek e Bowers (2009).
ISO 15189	Coskun <i>et al.</i> (2010), Berte (2007), Garber (2004).
ISO/IEC 17799	Saleh <i>et al.</i> (2006).
ISO/IEC 20000	Wheatcroft (2007).
ISO/IEC 27001	Brotby (2009), Oliveira <i>et al.</i> (2008).
ISO 22000	Morais e Santos (2010).

Quadro 4.4 – Literatura que aborda a integração do Seis Sigma com diferentes referenciais de excelência.

Integração do Seis Sigma com	Temática abordada em
EFQM	Campatelli <i>et al.</i> (2011), Shahin (2010), Sokovic <i>et al.</i> (2010), Senapati (2004), Thawani (2004), Vallejo e Galante (2004).
MBNQA	Salah <i>et al.</i> (2010), Yang e Hsieh (2009), Gupta (2004), Kubiak (2003), Snee e Hoerl (2003).
Deming Prize	Park (2003).

Quadro 4.5 – Literatura que aborda a integração do Seis Sigma com diferentes referenciais de melhores práticas.

Integração do Seis Sigma com	Temática abordada em
ITIL	Chan <i>et al.</i> (2010), Probst e Case (2009), Schlieper (2007), Den Boer <i>et al.</i> (2006), Edgeman <i>et al.</i> (2005), Fry e Bott (2004), Bigio <i>et al.</i> (2004).
CobIT	Ribeiro e Gomes (2009).
CMMI	Lin <i>et al.</i> (2009), Siviyy <i>et al.</i> (2005), Watson (2002a).
PMBok	Gray e Anantatmula (2009), Kwak <i>et al.</i> (2006), Anil <i>et al.</i> (2004).
SCOR	Mazzola <i>et al.</i> (2007), Knowles <i>et al.</i> (2005), Recker e Bolstorff (2003), Bolstorff (2002).

Quadro 4.6 – Literatura que aborda a integração do Seis Sigma com diferentes filosofias de gestão.

Integração do Seis Sigma com	Temática abordada em
<i>Balanced Scorecard</i>	Rodriguez (2008), Andersen <i>et al.</i> (2004), Gupta (2004), Kato (2003).
<i>Lean Management</i>	Snee (2010), Sokovic e Pavletic (2008), Dahlgaard e Dahlgaard-Park (2006), Andersson <i>et al.</i> (2006), Arnheiter e Maleyeff (2005), Pojasek (2003), Nave (2002), George (2002).
Teoria das Restrições (TOC)	Ehie e Sheu (2005), Breyfogle III (2003), Nave (2002).
<i>Hoshin Kanri</i>	Yang e Yeh (2007).
Reengenharia de processos (BPR)	Ricondo e Viles (2005).

O desenvolvimento de sinergias e mecanismos que permitam integrar o Seis Sigma com diferentes referenciais de gestão assume, de facto, uma relevância indiscutível, podendo resumir-se os benefícios daí decorrentes nos seguintes pontos:

- Fornecer às organizações linhas orientadoras e modelos integradores para implementarem, com sucesso, um programa Seis Sigma, independentemente do(s) referencial(ais) de gestão que sirva(m) de base ao sistema de gestão que esteja em vigor na organização.
- Unificar as diferentes iniciativas de melhoria e gestão adoptadas por uma organização, permitindo que possa ser exercido o princípio de abordagem à gestão como um sistema.
- Aumentar a capacidade de implementar e manter, com êxito e eficientemente, um programa Seis Sigma em organizações com um sistema de gestão formal em vigor, independentemente dos referenciais que concorram para esse sistema de gestão.

- Contribuir para um melhor alinhamento entre as orientações e objectivos estratégicos com as iniciativas de melhoria contínua e projectos de inovação desenvolvidos.
- Tirar partido de todo o potencial de um sistema Seis Sigma, permitindo que este possa abranger um conjunto completo de dimensões da gestão, não só a qualidade, mas que pode incluir o ambiente, a segurança, a investigação, desenvolvimento e inovação, entre outras.
- Operacionalizar e sistematizar o processo de melhoria contínua do sistema de gestão.
- Permitir que sejam materializadas práticas de gestão orientadas para um conjunto de outros princípios fundamentais da qualidade, como sejam: a liderança, focalização no cliente, tomada de decisões baseada em factos, envolvimento e desenvolvimento das pessoas, gestão por processos e abordagem à gestão como um sistema.
- Relacionar as actividades e boas práticas, que decorrem de um programa Seis Sigma, com as cláusulas, subcláusulas e requisitos, contidos nas normas relativas a sistemas de gestão.

Nas próximas, secções será explorada a integração do Seis Sigma com os seguintes referenciais de gestão:

- Sistemas de gestão da qualidade, baseados no referencial ISO 9001.
- Sistemas de gestão ambiental, assentes no referencial ISO 14001.
- Sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho, com base no referencial OHSAS 18001.
- Referencial ISO/IEC 17025 para a acreditação de laboratórios de ensaio e calibração.
- Referencial ISO/IEC 17020 para a acreditação de organismos de inspecção.
- Referencial ITIL, que descreve as boas práticas e princípios para gerir os serviços de tecnologias de informação (TI).

4.3. Integração do Seis Sigma com o referencial ISO 9001

A discussão desenvolvida nesta secção, feita em torno da integração do Seis Sigma com os sistemas de gestão da qualidade (SGQ), assentes na ISO 9001, é aplicável às versões da norma publicadas em 2000 e 2008. Os princípios inerentes, estrutura e requisitos da ISO 9001 são os mesmos em ambas as versões, tendo essencialmente sido incluído um conjunto de clarificações na ISO 9001:2008 (ISO, 2008b), relativamente à ISO 9001:2000.

4.3.1. Introdução

A maioria das organizações que implementaram programas de melhoria Seis Sigma têm os seus sistemas de gestão da qualidade certificados de acordo com a ISO 9001 (Vallejo e Galante, 2004). Embora ambos sejam úteis e importantes (Watson, 2004), o Seis Sigma e o referencial ISO 9001 têm âmbitos e propósitos de aplicação distintos (Park, 2003). O quadro 4.7 resume as suas principais diferenças.

Quadro 4.7 – Principais diferenças entre o Seis Sigma e o referencial ISO 9001 (adaptado de: Gupta, 2004; Bewoor e Pawar, 2010).

Parâmetro	ISO 9001	Seis Sigma
Objectivo.	Especificar os requisitos para um sistema de gestão da qualidade.	Desenvolver projectos de melhoria e/ou de inovação com impacto positivo na rentabilidade do negócio.
Estratégia.	Fornecer uma base equitativa para avaliar o modo como as organizações conseguem satisfazer, com a eficácia desejada, os requisitos dos clientes, os legais e os regulamentares.	Assegurar uma rentabilidade e um crescimento sustentáveis do negócio através da melhoria e/ou inovação de processos, produtos e serviços de elevado valor acrescentado.
Propósito.	É utilizado para efeitos de certificação contratuais e/ou de avaliação.	É utilizado para otimizar níveis de desempenho e a maximizar a rentabilidade do negócio.
Liderança.	A responsabilidade da gestão é promovida pelo estabelecimento e comunicação da política da qualidade e através das actividades de revisão pela gestão.	Requer uma liderança que ambicione alcançar os mais elevados padrões de desempenho e de rentabilidade, ao proporcionar uma infraestrutura capaz de atingir os objectivos definidos.
Método de melhoria.	PDCA	Mapa DMAIC e mapas de DFSS (ICOV, IDOV, DMADV, DMEDI, etc.)
Técnicas e ferramentas.	Não especifica	Conjunto amplo e completo de técnicas/ferramentas em cada fase do mapa de melhoria utilizado.
Funções e responsabilidades.	Define responsabilidades para a gestão de topo, estabelece a figura do representante da gestão e indica as suas responsabilidades; requer que todas as responsabilidades e autoridades, no seio do SGQ, sejam determinadas e comunicadas.	Funções específicas (<i>Black Belt, Champion, Sponsor, Green Belt, etc.</i>), cada uma com responsabilidades definidas e comunicadas.
Qualificação.	Requer que os níveis de educação, competência, formação e consciencialização, para todo o pessoal cujo trabalho afecta a conformidade com os requisitos do produto, sejam apurados e assegurados.	Estabelece os níveis de qualificação para as funções inerentes à estrutura humana do sistema Seis Sigma (<i>Black Belt, Champion, Sponsor, Green Belt, etc.</i>).
Documentação.	6 procedimentos documentados e 18 registos obrigatórios.	Não especifica.
Limitações mais relevantes.	Ausência de requisitos directos sobre estratégia, sustentabilidade, rentabilidade e questões financeiras.	O sucesso de cada projecto depende bastante da existência de dados. Assunção do desvio até $\pm 1,5\sigma$ na média do processo no longo prazo.

Existem, contudo, sinergias e ligações lógicas entre as duas abordagens (Snee e Hoerl, 2003) e benefícios mútuos resultantes da sua integração (Van den Heuvel *et al.*, 2005). As principais vantagens que podem advir para um sistema de gestão da qualidade assente na ISO 9001, em resultado da sua articulação com um programa Seis Sigma, derivam do facto de este último:

- Concorrer para a melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade, através da execução bem sucedida de projectos Seis Sigma (Warnack, 2003).
- Contribuir para alcançar, manter ou renovar a certificação do sistema de gestão da qualidade, de acordo com a ISO 9001 (Watson, 2004).
- Incrementar a capacidade de planear, melhorar e controlar os processos-chave do sistema de gestão da qualidade (Hrgarek e Bowers, 2009).
- Fornecer evidências, durante a realização de auditorias, sobre a eficácia dos processos-chave do sistema de gestão da qualidade para atingir os requisitos aplicáveis (Dedhia, 2005).

Por outro lado, os principais benefícios para um programa Seis Sigma residem no facto de um sistema de gestão da qualidade, baseado na ISO 9001 permitir:

- Sistematizar e uniformizar as actividades processuais envolvendo o sistema Seis Sigma, através de procedimentos constantes da estrutura documental do sistema de gestão de qualidade (Snee e Hoerl, 2003).
- Facilitar a gestão dos documentos e dos registos gerados durante a identificação, selecção, planeamento e realização dos projectos Seis Sigma, bem como, também, durante as actividades de pós-projecto (Pfeifer *et al.*, 2004).
- Assegurar a disponibilidade de fichas de mapeamento e de outras informações importantes acerca dos processos-chave do sistema de gestão da qualidade, geralmente necessários na fase inicial dos projectos DMAIC (Pfeifer *et al.*, 2004).
- Sustentar os ganhos de melhoria alcançados através da realização de projectos Seis Sigma (Dey, 2002).

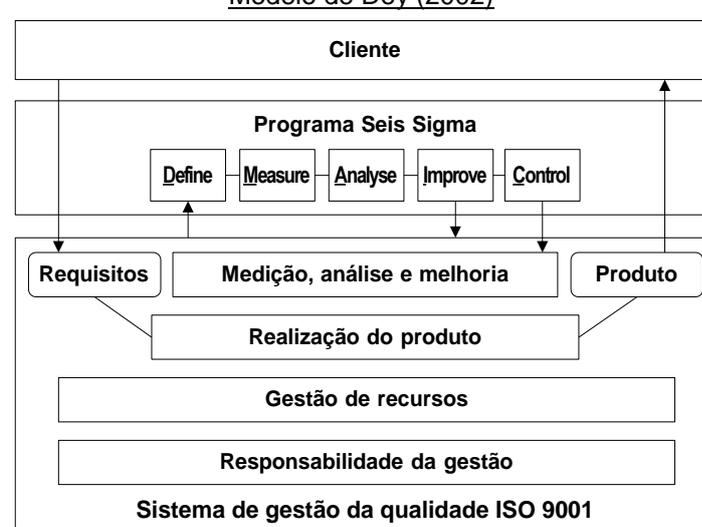
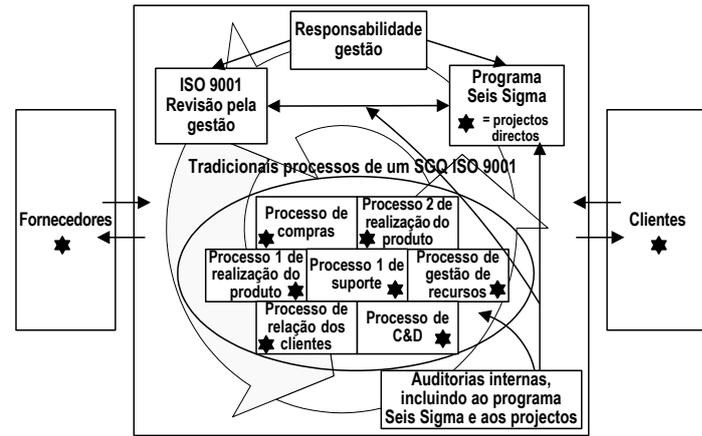
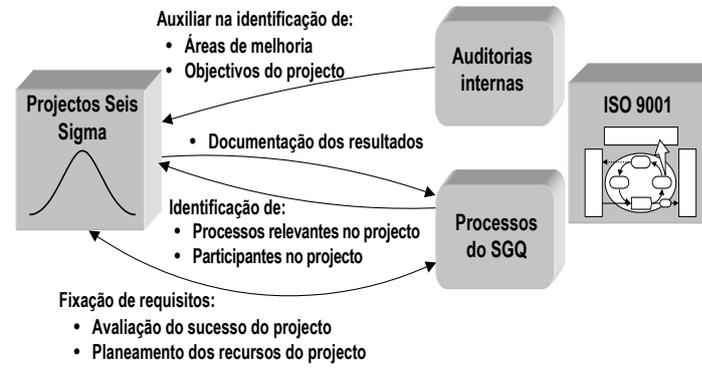
De acordo com Yeung (2007), a integração entre as duas abordagens gera ainda um efeito positivo na cultura organizacional, incrementando a sensibilização das pessoas para princípios fundamentais, como o enfoque no cliente e a melhoria contínua.

O levantamento e análise da literatura publicada permitiram identificar, compilar e organizar as várias soluções de integração entre o Seis Sigma e o referencial ISO 9001, que vários autores têm vindo a propor. Os resultados deste trabalho encontram-se reunidos no apêndice III.1.

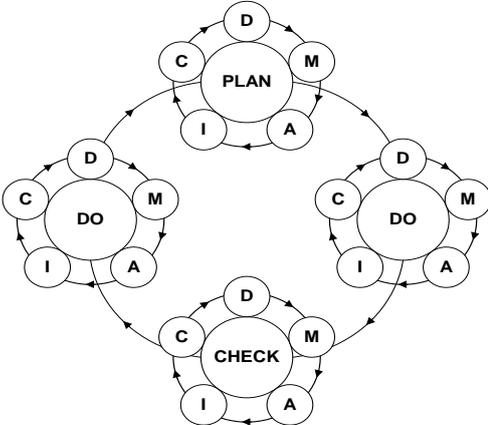
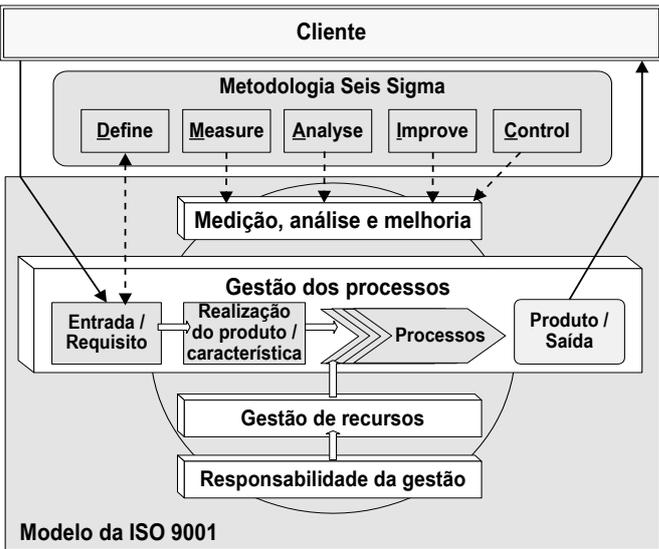
Alguns autores, conforme se indica no quadro 4.8, desenvolveram também modelos de integração onde procuram representar as interações entre as duas abordagens e ilustrar a articulação entre as sinergias de integração que propõem.

Para Dey (2002), a metodologia Seis Sigma baseada no ciclo DMAIC funciona como interface, ou filtro, entre o cliente e o sistema de gestão da qualidade ISO 9001. No seu modelo, o início de um projecto Seis Sigma, correspondente à fase de *Define*, é espoletado por informação proveniente dos clientes, nomeadamente os seus requisitos e níveis de satisfação. Embora a maioria dos projectos de melhoria incidam sobre processos relativos à “realização do produto” (secção 7), estes podem também envolver processos de suporte e/ou gestão que abranjam os requisitos da “responsabilidade da gestão” (secção 5), “gestão de recursos” (secção 6) e “medição, análise e melhoria” (secção 8).

Quadro 4.8 – Modelos de integração entre o Seis Sigma e a norma ISO 9001 propostos na literatura.

Modelo de integração	Principais características
<p style="text-align: center;"><u>Modelo de Dey (2002)</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • O mapa DMAIC actua como um interface (filtro) entre o cliente e o SGQ baseado na norma ISO 9001. • Os projectos de melhoria são sobretudo focalizados nos processos de realização do produto mas também podem envolver os processos de suporte e de gestão. • A fase de <i>Define</i> é guiada pelos requisitos do cliente e pelas métricas referentes à sua satisfação. • A fase de <i>Control</i> é assegurada por mecanismos de controlo do SGQ (e.g. procedimentos documentados, programa de auditorias internas, etc.). • Os requisitos da secção 8 da norma ISO 9001 apoiam a realização das fases de <i>Measure</i>, <i>Analyse</i> e <i>Improve</i>.
<p style="text-align: center;"><u>Modelo de Warnack (2003)</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • O processo de revisão do SGQ inclui a revisão do programa Seis Sigma e recomendações de acções de melhoria para o mesmo. • O programa de auditorias internas é expandido de modo a incluir auditorias aos projectos Seis Sigma encerrados e/ou a projectos que se encontrem na fase de <i>Control</i>. • Os projectos Seis Sigma são direccionados para todos os processos-chave do SGQ.
<p style="text-align: center;"><u>Modelo de Pfeifer et al. (2004)</u></p> 	<ul style="list-style-type: none"> • As auditorias internas ao SGQ funcionam como fontes de oportunidades de melhoria que conduzem à identificação de potenciais projectos Seis Sigma. • O SGQ fornece informação que torna mais eficaz a afectação de recursos, incluindo a escolha dos membros das equipas para cada projecto Seis Sigma. • Os resultados dos projectos são documentados e devem contribuir para a melhoria contínua do SGQ. • Os objectivos dos projectos Seis Sigma e os objectivos da qualidade para o SGQ devem ser coerentes.

Quadro 4.8 – Modelos de integração entre o Seis Sigma e a norma ISO 9001 propostos na literatura (continuação).

Modelo de integração	Principais características
<p data-bbox="363 320 724 349"><u>Modelo de Lupan <i>et al.</i> (2005)</u></p> 	<ul data-bbox="917 320 1409 806" style="list-style-type: none"> • Explora o facto de o mapa DMAIC ser inspirado no ciclo de melhoria contínua PDCA. • Propõe a aplicação do DMAIC em qualquer fase do PDCA, permitindo a utilização dessa metodologia no planeamento, melhoria e controlo do SGQ. • A articulação do DMAIC com o ciclo PDCA estimula a tomada de decisões com base em factos. • Um conjunto de técnicas e ferramentas apoia a execução do modelo proposto.
<p data-bbox="217 840 874 900"><u>Modelo de Bewoor e Pawar (2008, citado em Bewoor e Pawar, 2010)</u></p> 	<ul data-bbox="917 840 1409 1400" style="list-style-type: none"> • Inspirado no modelo proposto por Dey (2002). • Estabelece um conjunto de ligações entre as fases de <i>Measure</i>, <i>Analyse</i> e <i>Improve</i> e os requisitos que compõem a secção 8 da ISO 9001. • Utiliza a informação oriunda das “vozes” dos clientes para, usando os requisitos referentes à análise de dados, executar a fase de <i>Define</i> determinando as CTQCs do produto. • Associa as sinergias de integração, ao nível macro, com a relação do DMAIC e as cláusulas/subcláusulas da ISO 9001, a qual é feita a um nível micro.

No modelo desenvolvido por Pfeifer *et al.* (2004), o processo de auditorias internas pode auxiliar na identificação de áreas de melhoria, as quais podem conduzir à identificação de projectos Seis Sigma com âmbito bem definido. Segundo os autores, o cumprimento dos requisitos referentes à cláusula sobre gestão de recursos humanos (cláusula 6.2) permite que o planeamento de cada projecto Seis Sigma possa ser realizado de forma mais eficaz, nomeadamente no que diz respeito à selecção das pessoas que deverão fazer parte das equipas multidisciplinares. Ainda a nível do planeamento, a integração deve promover o alinhamento dos objectivos da qualidade para o sistema de gestão da qualidade com os objectivos e metas estabelecidos para os projectos Seis Sigma. Para Pfeifer *et al.* (2004), a gestão da documentação, produzida durante a realização de projectos Seis Sigma, pode ser mais eficaz, se forem cumpridas as regras estipuladas nos procedimentos do sistema de gestão da qualidade, baseado na ISO 9001, sobre controlo de documentos e de registos. Por outro lado, os resultados dos projectos Seis Sigma contribuem para a melhoria contínua do sistema de gestão.

Warnack (2003) considera que a regular condução de projectos Seis Sigma aumenta a capacidade de melhorar continuamente a eficácia do sistema de gestão da qualidade, pois as suas metodologias fornecem um leque alargado e completo de técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas de forma estruturada. De Mast (2003) tem uma visão idêntica, ao enfatizar o papel das técnicas estatísticas nos sistemas de qualidade. O modelo de integração proposto por Warnack salienta ainda a interação que deve existir entre o Seis Sigma e o processo de revisão do sistema. Segundo o autor, esse processo deve incluir uma revisão ao próprio programa Seis Sigma em vigor na organização, sendo que as saídas da revisão do sistema deverão contemplar acções concretas com vista a melhorar o funcionamento da iniciativa Seis Sigma na organização. Finalmente, Warnack (2003) propõe o alargamento do âmbito das auditorias internas, de modo a que estas possam ser usadas para avaliar a eficácia das acções de melhoria definidas durante os projectos Seis Sigma.

Lupan *et al.* (2005) sugerem um modelo onde o mapa DMAIC é aplicado em cada uma das fases do ciclo PDCA. Esta abordagem permite planear, melhorar e controlar o sistema de gestão da qualidade e os seus processos-chave, através do ciclo DMAIC e do conjunto de técnicas e ferramentas nele incorporadas. Segundo os autores, uma das vantagens deste modelo de integração é o de permitir que toda a gestão e tomada de decisões sejam realizadas com base em dados factuais.

O modelo de Bewoor e Pawar (2008, citado em Bewoor e Pawar, 2010) é semelhante ao proposto por Dey (2002). Com base no mesmo, os autores propõem um conjunto de sinergias de integração, muitas delas inspiradas no trabalho de Pfeifer *et al.* (2004), que ocorrem ao nível das actividades de gestão, a que Bewoor e Pawar (2010) chamam nível macro. Ao nível micro, ou operacional, Bewoor e Pawar (2010) propõem um mapeamento entre cada uma das fases do DMAIC e as cláusulas e subcláusulas do referencial ISO 9001, conforme se indica no quadro 4.9.

Quadro 4.9 – Relação entre as fases do ciclo DMAIC com as cláusulas e subcláusulas da ISO 9001 (fonte: Bewoor and Pawar, 2010).

Fases do mapa DMAIC	Cláusulas/subcláusulas da ISO 9001
Define	7.1.3.2 (cláusula da ISO 9004:2000), 8.4
Measure	8.2.1, 8.2.3, 8.2.4
Analyse	6.2.2, 8.4
Improve	5.1, 8.1.c), 8.5.1
Control	4.1.c), 4.1.d), 4.2, 7.5.1, 7.5.4, 7.6

Snee e Hoerl (2003), Warnack (2003) e Vellajo e Galante (2004) identificam um amplo conjunto de actividades nas quais o Seis Sigma pode apoiar o cumprimento de vários dos requisitos contidos nas cláusulas pertencentes às secções 4 a 8 da norma ISO 9001. Paralelamente, Dey (2002), Vallejo e Galante (2004) e Bewoor e Pawar (2010) concluíram sobre a relação muito próxima que existe entre o Seis Sigma e os 8 princípios de gestão da qualidade inerentes à família de normas ISO 9000. No apêndice III.2, procurou-se explorar este tópico e enquadrar diferentes definições para o Seis Sigma, disponíveis na literatura, com esses 8 princípios da qualidade.

Warnack (2003) propõe um processo, composto por uma sequência de sete etapas, com vista a integrar um programa Seis Sigma com um sistema de gestão da qualidade existente, baseado na

ISO 9001. Com o mesmo propósito, Gupta (2004) sugere um processo articulado contendo 14 passos.

No entanto, nota-se também que a discussão, em torno desta temática, tem sobretudo resultado na proposta de um conjunto de orientações de integração que assumem uma natureza essencialmente conceptual (Bewoor e Pawar, 2010). Especificamente, é possível concluir que os seguintes tópicos relevantes carecem ainda de um estudo mais aprofundado:

- Estabelecimento da relação entre as cláusulas e subcláusulas da ISO 9001 com os princípios, actividades, metodologias, técnicas/ferramentas e métricas inerentes ao Seis Sigma.
- Desenvolvimento de soluções que visem articular o referencial ISO 9001 com a metodologia de DFSS e seus princípios, particularmente no que concerne aos requisitos incluídos na cláusula 7.3, referente à concepção e desenvolvimento.
- Articulação entre as actividades de identificação, avaliação, selecção, realização e encerramento de projectos Seis Sigma com o conjunto de requisitos da norma ISO 9001.

4.3.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a ISO 9001

A abordagem à integração, aqui apresentada, adopta o Seis Sigma na perspectiva de sistema de gestão. A integração proposta incide sobre os seguintes quatro tópicos:

- 1) Desenvolvimento de linhas de orientação, enquadradas na estrutura do ISO Guide 72, para tirar partido das sinergias existentes entre as actividades que podem ser desenvolvidas no seio de um programa Seis Sigma e os requisitos contidos nas cláusulas e subcláusulas da ISO 9001.
- 2) Utilidade das técnicas e ferramentas adoptadas numa metodologia Seis Sigma, seja esta baseada no ciclo DMAIC ou assente num mapa de DFSS, no planeamento, controlo e melhoria de um sistema de gestão da qualidade (SGQ) baseado nos requisitos contidos nas cláusulas e subcláusulas do referencial ISO 9001.
- 3) Enquadramento da metodologia de DFSS com as subcláusulas inseridas na cláusula 7.3 da ISO 9001, relativa à concepção e desenvolvimento de produtos e serviços.
- 4) Articulação entre as actividades inerentes às fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, desde a sua identificação até ao pós-projecto, com as cláusulas e subcláusulas da ISO 9001.

Para assegurar a compatibilidade entre as duas iniciativas, o desenvolvimento destes tópicos teve em conta o cumprimento dos oito princípios de gestão da qualidade em que assentam os referenciais da família de normas ISO 9000. Por outro lado, para respeitar a terminologia da ISO 9000:2005, nas subsecções seguintes, o termo “produto” é usado com o significado de “resultado de um processo”, podendo este ser categorizado como “*hardware*”, “*software*”, “serviço” ou “material processado”.

4.3.2.1. Integração do Seis Sigma com a ISO 9001 com base na estrutura do ISO Guide 72

Podendo a abordagem Seis Sigma ser perspectivada como um sistema de gestão (Starbird, 2002; McCarty *et al.*, 2004; Bremer *et al.*, 2006), é possível enquadrá-la nos assuntos principais e elementos

comuns do ISO Guide 72:2001. Este procedimento facilita o estabelecimento de relações e o desenvolvimento de sinergias entre a ISO 9001 e o Seis Sigma.

Nesta secção, propõem-se várias linhas de orientação para articular, de forma consistente e sistemática, os requisitos constantes das cláusulas e subcláusulas da norma ISO 9001 com o Seis Sigma, na perspectiva de sistema de gestão. A estrutura do ISO Guide 72 é utilizada como plataforma para organizar essa integração. No quadro 4.10, que resume a abordagem adoptada, as cláusulas e subcláusulas da norma ISO 9001 são enquadradas nos assuntos principais e elementos comuns aos referenciais de gestão, de acordo com o ISO Guide 72.

Quadro 4.10 – Quadro resumo do modelo proposto para integrar o Seis Sigma com as cláusulas e subcláusulas da norma ISO 9001, utilizando a estrutura do ISO Guide 72:2001.

Assuntos principais comuns ISO Guide 72	Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Linhas de orientação para integração com o Seis Sigma
Política.	Política e princípios.	4.1, 5.1, 5.3	Apêndice V.1
Planeamento.	Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas.	5.2, 5.4.1, 5.4.2, 7.2.1, 7.2.2	Apêndice V.2
	Seleccção de questões importantes a serem abordadas.	5.2, 5.4.1, 5.4.2, 7.2.1, 7.2.2	Apêndice V.2
	Definição de objectivos e metas.	5.4.1	Apêndice V.2
	Identificação de recursos.	6.1	Apêndice V.2
	Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades.	5.5.1, 5.5.2	Apêndice V.2
	Planeamento dos processos operacionais.	7.1	Apêndice V.2
	Preparação de contingência para eventos previsíveis.	8.3	Apêndice V.2
Implementação e operação.	Controlo operacional.	7.2, 7.3, 7.4, 7.5	Apêndice V.3
	Gestão de recursos humanos.	6.2	Apêndice V.3
	Gestão de outros recursos.	6.3, 6.4	Apêndice V.3
	Documentação e seu controlo.	4.2.2, 4.2.3, 4.2.4	Apêndice V.3
	Comunicação.	5.5.3	Apêndice V.3
	Relacionamento com fornecedores e subcontratados.	7.4	Apêndice V.3
Avaliação de desempenho.	Monitorização e medição.	8.1, 8.2.1, 8.2.3, 8.2.4, 8.4	Apêndice V.4
	Análise e tratamento de não conformidades.	8.3	Apêndice V.4
	Auditorias ao sistema.	8.2.2	Apêndice V.4
Melhoria.	Acções correctivas.	8.5.2	Apêndice V.5
	Acções preventivas.	8.5.3	Apêndice V.5
	Melhoria contínua.	8.5.1	Apêndice V.5
Revisão pela gestão.	Revisão pela gestão.	5.6	Apêndice V.6

As linhas de orientação propostas nesta tese para integrar o Seis Sigma com o referencial de gestão da qualidade ISO 9001, encontram-se descritas, em pormenor, nos apêndices da tese, indicados na coluna mais à direita do quadro 4.10. As linhas de orientação foram desenvolvidas para serem aplicáveis no contexto de uma organização, independentemente da sua dimensão e dos sectores de actividade em que actue ou desenvolva negócio, e que deseje implementar, manter e melhorar um sistema de gestão integrado que inclua um programa Seis Sigma e um sistema de gestão da qualidade, alicerçado no referencial ISO 9001.

4.3.2.2. Integração das técnicas/ferramentas usadas nas metodologias do Seis Sigma nas cláusulas da ISO 9001

Para Pfeifer *et al.* (2004), o Seis Sigma, enquanto metodologia, fornece um completo conjunto de técnicas e ferramentas com grande aplicabilidade e utilidade nos sistemas de gestão da qualidade, baseados na ISO 9001. Os autores categorizam essas técnicas/ferramentas em torno de dois grandes grupos: técnicas estatísticas, oriundas da engenharia da qualidade (Desenho de Experiências (DOE), Controlo Estatístico do Processo (SPC), entre outras), e técnicas de gestão da qualidade (Desdobramento da Função da Qualidade (QFD), Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA), entre outras).

A norma ISO 9000:2005 sublinha o papel importante que as técnicas estatísticas podem ter na melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade, dado que permitem uma melhor compreensão da natureza, extensão e causas da variabilidade, ajudando assim a solucionar e, até, a prevenir problemas que podem resultar dessa variabilidade. Além disso, a cláusula 8.4 da ISO 9001 incentiva à utilização de técnicas estatísticas (APCER, 2010) e de ferramentas da qualidade na recolha e análise dos dados, com vista à tomada de decisões e à identificação de oportunidades de melhoria.

Reconhecendo a relevância da aplicação de técnicas estatísticas na resolução de problemas e na melhoria da eficácia de um sistema de gestão da qualidade, foi desenvolvido o referencial ISO/TR 10017:2003. Esta norma técnica, conforme referido no seu texto introdutório, foi desenvolvida com o objectivo de orientar as organizações a identificarem as técnicas estatísticas que podem ser úteis no desenvolvimento, implementação, manutenção e melhoria do seu sistema de gestão da qualidade, cumprindo os requisitos da norma ISO 9001.

As vantagens que podem advir da utilização de técnicas e ferramentas de gestão e engenharia da qualidade para as actividades de planeamento, melhoria e controlo, que devem ocorrer num sistema de gestão da qualidade, baseado na ISO 9001, têm também sido descritas e/ou exemplificadas por um conjunto de autores e especialistas. Rezaiea *et al.* (2009) salientam a importância que as técnicas estatísticas têm na materialização dos princípios e factores críticos para uma eficaz gestão por processos, ao passo que De Mast (2003) aprofunda o processo de melhoria contínua através da aplicação articulada de técnicas e métodos estatísticos. Hoyle (2001) discute a aplicabilidade de um leque alargado de técnicas/ferramentas, oriundas tanto da gestão como da engenharia da qualidade, no contexto de vários dos requisitos contidos na ISO 9001. Dias e Saraiva (2004) demonstram a utilidade das ferramentas de planeamento e gestão da qualidade nas actividades de planeamento do

sistema de gestão da qualidade, como sejam: a identificação dos processos-chave e da sua interrelação, ou a determinação das funções e níveis relevantes dentro da organização e o consequente estabelecimento e comunicação de responsabilidades e autoridades para todos eles.

Embora se constate que as organizações certificadas de acordo com o referencial ISO 9001 têm, em geral, uma maior propensão para fazerem uso das técnicas e ferramentas da qualidade do que as organizações não certificadas (Ozgur *et al.*, 2002, citado por Sampaio *et al.*, 2009), o grau de aplicação dessas técnicas/ferramentas pode ser considerado relativamente baixo (Fotopoulos e Psomas, 2009), o que limita o potencial de melhoria contínua do sistema de gestão. Este é um dos motivos que leva Lee *et al.* (2009) a recomendarem às organizações que assegurem formação sobre essas técnicas/ferramentas ao pessoal envolvido no sistema de gestão da qualidade.

Conforme referido no capítulo 2, existem duas abordagens metodológicas para a realização de projectos Seis Sigma: uma, de melhoria contínua, que decorre ao longo do ciclo DMAIC, e uma outra, envolvendo concepção e desenvolvimento, que é executada através de um mapa de DFSS. Cada metodologia incorpora várias técnicas e ferramentas, que são utilizadas de modo selectivo, consoante a especificidade do projecto e dos dados envolvidos no mesmo. Um dos benefícios decorrentes da integração do Seis Sigma com um sistema de gestão da qualidade, baseado no referencial ISO 9001, é o de permitir enquadrar mais facilmente essas técnicas e ferramentas nas diferentes cláusulas e subcláusulas da norma, fomentando uma abordagem à tomada de decisões com base em factos.

O quadro 4.11 identifica e enquadra um amplo e completo conjunto de técnicas e ferramentas usadas na realização de projectos Seis Sigma, seja através do DMAIC ou de um mapa de DFSS, nas cláusulas/subcláusulas afectas às principais secções da norma ISO 9001. A indicação pormenorizada das técnicas e ferramentas aplicáveis a cada cláusula/subcláusula, e a correspondente descrição detalhada, do papel que podem desempenhar, constam dos quadros do apêndice IV. Todos esses quadros são contribuições da presente tese.

4.3.2.3. Integração das metodologias de DFSS com a cláusula 7.3 da ISO 9001

Quando os projectos Seis Sigma envolvem concepção e desenvolvimento de produtos, serviços e/ou processos, a metodologia seguida desenrola-se de acordo com um mapa de DFSS. Os projectos de DFSS desenvolvem-se, portanto, ao longo de uma sequência lógica e articulada de fases, cada uma com um conjunto de actividades definidas, intercaladas por revisões formais de projecto. Conforme foi discutido no capítulo 3, vários mapas para executar projectos de DFSS têm sido propostos, encontrando-se, entre os mais frequentemente citados, o DMADV e o IDOV.

Por outro lado, o conjunto de subcláusulas contidas na cláusula 7.3 da norma ISO 9001 segue uma abordagem estruturada, apoiada no ciclo PDCA (Castilho, 2004), tal como demonstrou o trabalho de Schlickman (2003), que enquadrou cada uma dessas subcláusulas no ciclo PDCA. Note-se que embora a cláusula 7.3 se refira à concepção e desenvolvimento do produto (serviços, *hardware*, *software* e/ou materiais processados) e não necessariamente do processo (APCER, 2003), a ISO 9001:2008 clarifica, na cláusula 7.1, que os requisitos indicados em 7.3 podem também ser aplicados aos processos de realização do produto.

Quadro 4.11 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas da norma ISO 9001.

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel de cada técnica ou ferramenta num SGQ baseado na ISO 9001
Cláusulas e subcláusulas referentes à secção 4.	SIPOC, fluxograma, diagrama de afinidades, diagrama de relações, diagrama de sistemas, matriz de prioridades, árvore de CTQCs, folha de verificação.	Ver apêndice IV.1
Cláusulas e subcláusulas referentes à secção 5.	Técnicas/ferramentas para determinar os requisitos dos clientes, diagrama de Pareto, diagrama MECE, 5W2H, <i>benchmarking</i> , <i>Hoshin Kanri</i> , QFD, DFMEA, projecto axiomático, matriz de relações, <i>kanban</i> , técnicas e ferramentas de amostragem, estatística descritiva, estudos de capacidade do processo	Ver apêndice IV.2
Cláusulas e subcláusulas referentes à secção 6.	Matriz de relações, estudos de R&R, FMEA, projecto robusto de Taguchi, metodologia 5S.	Ver apêndice IV.3
Cláusulas e subcláusulas referentes à secção 7.	QFD, PFMEA, projecto axiomático, SMED, fluxograma de valor acrescentado, <i>poka-yoke</i> , VSM, técnicas de auscultação das “vozes” dos clientes, modelo de Kano, diagrama de afinidades, FMEA, técnicas e ferramentas de gestão de projectos, técnicas para segmentação de mercado, tabela de conversão das “vozes” dos clientes, <i>benchmarking</i> , técnica FAST, TRIZ, método de Pugh, DFMEA, <i>Design Scorecard</i> , técnicas de simulação, DOE, projecto robusto de Taguchi, técnicas de amostragem, testes de hipóteses, estudos de capacidade do processo, diagrama de Pareto. SPC, MSA, fluxograma, <i>kanban</i> , metodologia 5S.	Ver apêndice IV.4
Cláusulas e subcláusulas referentes à secção 8.	SERVQUAL, entrevistas presenciais, diagrama de afinidades, <i>benchmarking</i> , técnicas e ferramentas de amostragem, SPC, estudos de capacidade do processo, estudos de rendimento do processo, diagrama de Pareto, testes de hipóteses, VSM, DOE, <i>poka-yoke</i> , FMEA, diagrama de Ishikawa, matriz de causa-efeito, diagrama “esparquete”, técnicas de regressão, ANOVA, Cinco Porquês, 5W2H, técnicas de simulação, PFMEA.	Ver apêndice IV.5.

O ciclo PDCA funcionará assim como elo de ligação n enquadramento das subcláusulas, inseridas na cláusula 7.3 da ISO 9001, nas fases de um mapa utilizado para conduzir um projecto de DFSS, seja este projecto de DFSS voltado para o desenvolvimento de um produto, serviço ou processo. Considere-se a descrição do DMADV, um mapa de DFSS, anteriormente apresentado na figura 2.16, do capítulo 2. Essa descrição encontra-se novamente representada na figura 4.3, sendo que agora se estabelece a relação entre as suas cinco fases, incluindo as revisões intermédias formais (as *tollgates*), com as subcláusulas contidas na cláusula 7.3. Essa relação pode ser expandida para o caso de outros mapas relevantes de DFSS, como é o caso do IDOV representado na figura 4.4.

Os pontos seguintes explicam, com maior detalhe, o enquadramento de cada subcláusula nos mapas de DFSS considerados:

- Os requisitos, incluídos na subcláusula 7.3.1, envolvem o desenvolvimento de um plano de concepção e desenvolvimento, pelo que esta subcláusula se enquadra na fase de planeamento do projecto de DFSS.
- Os requisitos da subcláusula 7.3.2 têm como objectivo determinar com clareza todos os requisitos relevantes que o produto a conceber e desenvolver terá que satisfazer. Num projecto de DFSS, esses requisitos enquadram-se na recolha, análise e estruturação das necessidades dos clientes, sua conversão para características críticas para a qualidade e requisitos funcionais associados.
- O âmbito da subcláusula 7.3.3, do ponto de vista de um projecto de DFSS, envolve a conceptualização e desenvolvimento da arquitectura do produto, de tal modo que todos os requisitos determinados na subcláusula anterior sejam satisfeitos. A conceptualização refere-se à selecção do melhor conceito de produto, de entre as alternativas geradas; o desenvolvimento diz respeito à definição de parâmetros de projecto (elementos de solução), suas interacções e incorporação dos mesmos em componentes concretas do produto.

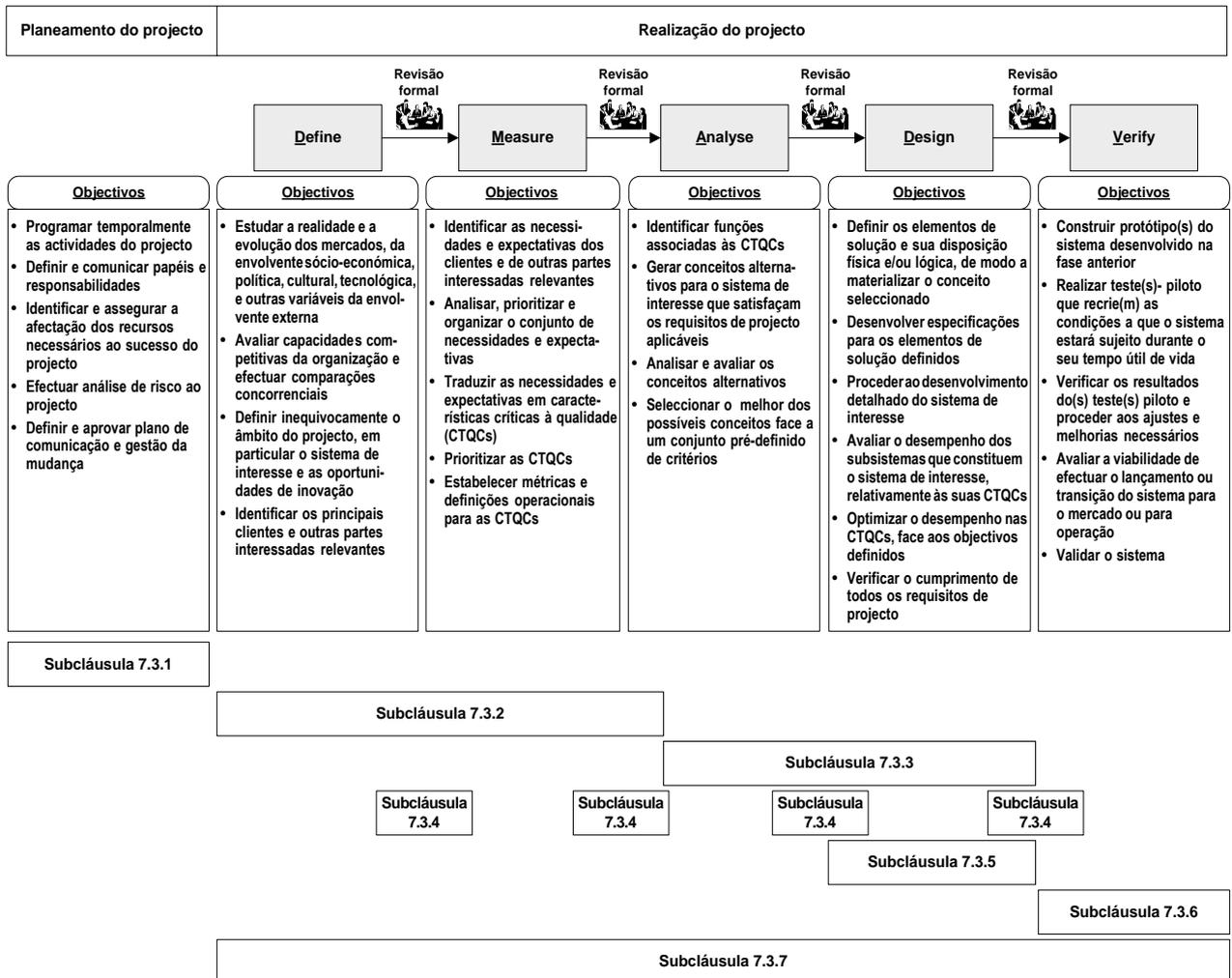


Figura 4.3 – Enquadramento das subcláusulas pertencentes à cláusula 7.3 da ISO 9001 no mapa DMADV utilizado em projectos de DFSS.

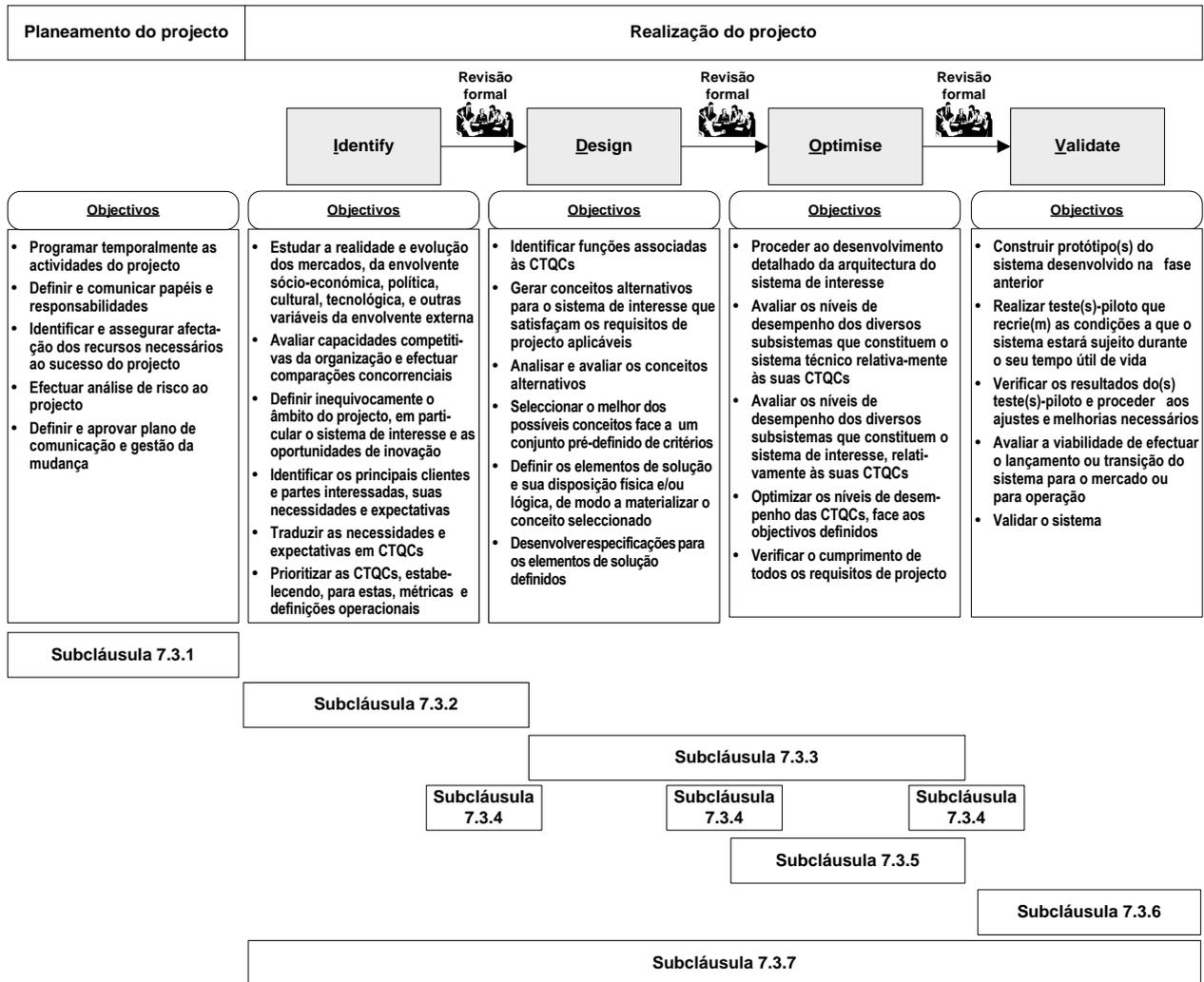


Figura 4.4 – Enquadramento das subcláusulas pertencentes à cláusula 7.3 da ISO 9001 no mapa IDOV utilizado em projectos de DFSS.

- A subcláusula 7.3.4 refere-se às revisões formais planeadas que ocorrem periodicamente em determinadas fases da concepção e desenvolvimento. As revisões pretendem monitorizar o progresso da concepção e desenvolvimento, avaliar a adequabilidade dos resultados atingidos e corrigir quaisquer desvios ou problemas identificados. Esta subcláusula equivale, portanto, às revisões formais do projecto de DFSS, também conhecidas por “*tollgates*”, que ocorrem entre cada transição de fase do mapa utilizado como referência.
- Os requisitos da subcláusula 7.3.5 enquadram-se nas actividades de um projecto de DFSS que se referem à verificação da adequabilidade das decisões conceptuais, realizadas ao longo do desenvolvimento do produto, e à verificação do desempenho funcional/operacional. Essa verificação permitirá detectar e corrigir falhas, bem como otimizar a robustez conceptual e operacional do produto.
- A subcláusula 7.3.6 refere-se às actividades relacionadas com a verificação final ao produto, através de testes ou ensaios-piloto, a um ou mais modelos/protótipos que recriem as condições em que esse produto irá operar durante o seu tempo útil. Tais testes/ensaios permitirão efectuar as derradeiras correcções e ajustes no produto. Após se poder validar a

adequabilidade e capacidade do produto para cumprir todos os requisitos aplicáveis, é então possível estudar-se o seu lançamento no mercado. Estas actividades decorrem geralmente na última das fases da metodologia de DFSS.

- Os requisitos da subcláusula 7.3.7 inserem-se em actividades que podem ocorrer em qualquer fase, etapa e actividade de um projecto de DFSS. Alterações à concepção e desenvolvimento podem ser provocadas por restrições nos processos de realização do produto, por mudanças nas necessidades dos clientes, nos requisitos legais, nas opções conceptuais, nos valores ou propriedades inerentes aos parâmetros de projecto, entre outras. Tal como num projecto de DFSS, esta subcláusula requer que se assegure a rastreabilidade das alterações à concepção e desenvolvimento, devendo estas ser revistas, verificadas, validadas e aprovadas antes de serem implementadas.

4.3.2.4. Enquadramento das cláusulas da ISO 9001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma

Esta secção apresenta e descreve um modelo, ilustrado na figura 4.5, que permite articular as várias fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma⁸, desde a sua identificação até ao pós-projecto, com as cláusulas/subcláusulas da norma ISO 9001.

O cumprimento dos requisitos contidos nas cláusulas/subcláusulas, indicadas na parte inferior do diagrama da figura 4.5, conduz ao estabelecimento de regras e ao desenvolvimento de processos transversais que fornecem mecanismos de suporte à realização das actividades constantes do modelo.

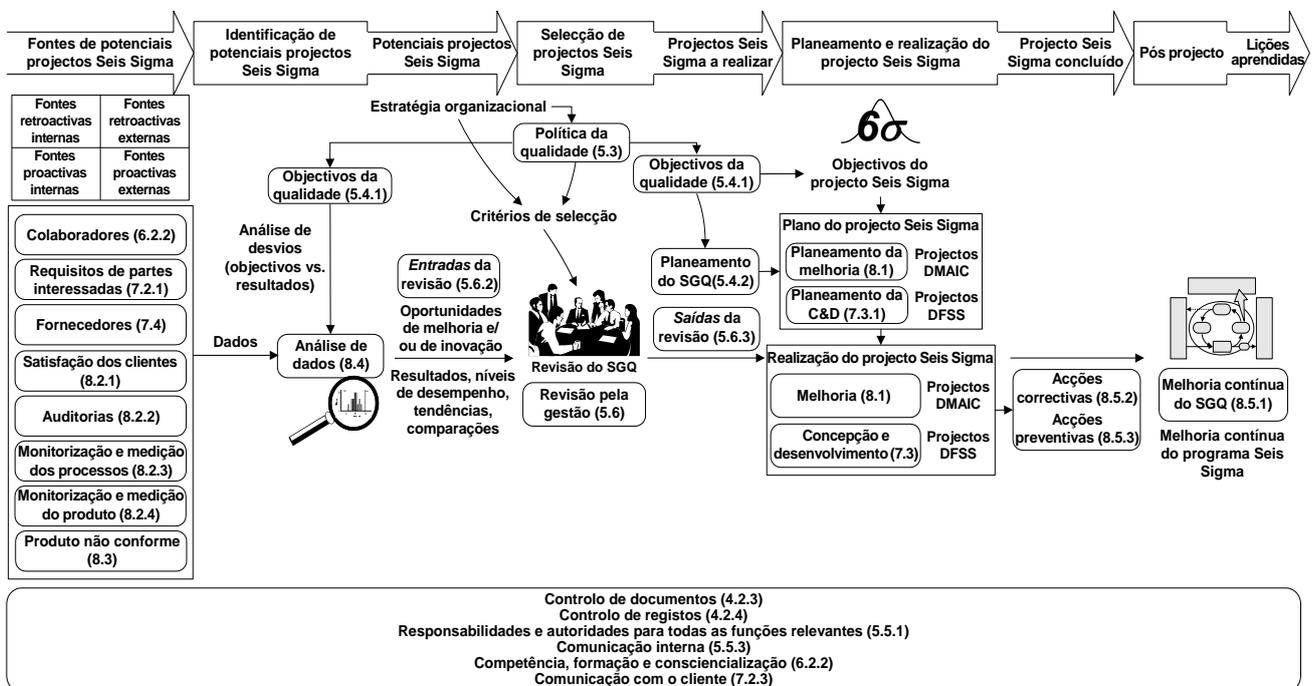


Figura 4.5 – Enquadramento das cláusulas/subcláusulas da ISO 9001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.

⁸ A secção 5.3 desta tese apresenta, em detalhe, um modelo para a gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma.

São disso exemplo os procedimentos sobre controlo de documentos e de registos, as responsabilidades e autoridades definidas para todas as funções relevantes da organização, os canais e mecanismos de comunicação interna e de comunicação com clientes, ou ainda as questões relativas à competência, formação e consciencialização do pessoal.

4.3.2.4.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma

A identificação de potenciais projectos Seis Sigma é uma actividade da responsabilidade dos gestores de processo e/ou dos directores de áreas funcionais (Brue e Howes, 2006), por vezes designados de *Sponsors* ou *Project Sponsors*. Os melhores projectos Seis Sigma a propor são aqueles que permitam à organização, tirando partido de um leque de oportunidades de melhoria e/ou de inovação, aumentar a sua capacidade de criar valor para a organização, seus clientes e outras partes interessadas relevantes. A identificação dessas oportunidades resulta da análise de um conjunto amplo e completo de dados e informação que, efectuada de forma regular e sistemática, permitirá:

- Avaliar os níveis de desempenho da organização e dos seus processos-chave.
- Verificar se os resultados atingidos foram ao encontro dos requisitos aplicáveis.
- Comparar os resultados e níveis de desempenho alcançados com os objectivos de desempenho estabelecidos.
- Comparar os resultados e níveis de desempenho alcançados com os atingidos por outras organizações.
- Compreender tendências e padrões evolutivos do negócio, dos mercados e dos meios envolventes contextuais.
- Determinar a percepção, necessidades e expectativas de clientes e de outras partes interessadas relevantes.

As oportunidades de melhoria e/ou de inovação abrangem vários aspectos, tais como: o aumento da eficiência e/ou da eficácia dos processos do negócio, o incremento da capacidade produtiva, a identificação de novos mercados de actuação, a perspectiva de desenvolvimento de novos produtos/serviços ou processos, em resultado da introdução ou alteração de requisitos legais ou regulamentares, entre outras. O aproveitamento de tais oportunidades pode ser obtido através da realização bem sucedida de projectos Seis Sigma. Geralmente, oportunidades de melhoria resultarão em projectos realizados de acordo com o mapa DMAIC, ao passo que oportunidades de inovação darão origem a projectos de DFSS.

O processo de identificação de potenciais projectos Seis Sigma é, na verdade, semelhante ao processo de criação de conhecimento, representado na figura 4.6. Os dados em bruto, provenientes de vários tipos de fontes, não têm por si só significado. Só o terão quando forem tratados, analisados, interpretados e enquadrados num determinado contexto. Deste processo, resulta a determinação de informação útil, disponível para ser analisada, estruturada, comparada e relacionada, de modo a fornecer uma base de conhecimento que suporte a tomada factual de decisões. O grau de conhecimento sobre os diversos vectores do negócio, obtido a partir da avaliação da informação

gerada pelo conjunto de dados factuais, é o que potencia a definição adequada de uma estratégia e, a partir desta, de acções e iniciativas, entre as quais os projectos Seis Sigma, a realizar, que permitam tirar partido do leque de oportunidades de melhoria e/ou de inovação que acrescentem valor para a organização, seus clientes e outras partes interessadas.

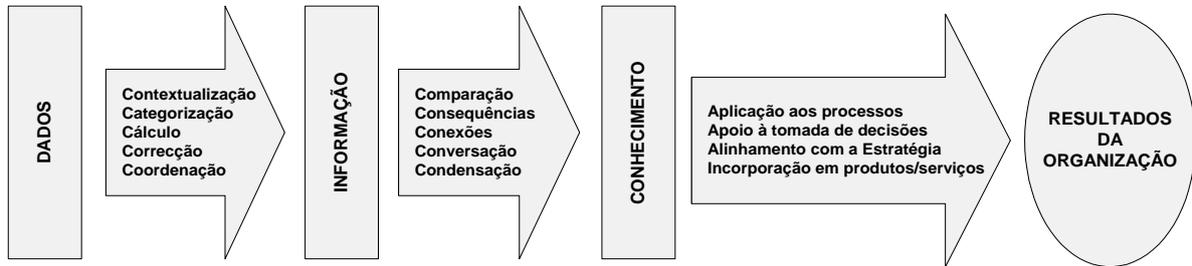


Figura 4.6 – Processo de criação de conhecimento organizacional (adaptado de: Silva e Neves, 2003).

A figura 4.7 detalha a sequência de actividades conducentes à identificação de potenciais projectos Seis Sigma, num contexto de integração com a ISO 9001. O processo tem início com a recolha, tratamento, análise e interpretação de um conjunto de dados quantitativos e qualitativos, provenientes de várias fontes do sistema de gestão da qualidade. A cláusula 8.4 da ISO 9001 agrupa as fontes de dados em torno das seguintes categorias:

- Dados provenientes de e relativos a fornecedores, incluindo os subcontratados (cláusula 7.4).
- Dados referentes à satisfação/percepção dos clientes (subcláusula 8.2.1).
- Dados provenientes da monitorização e medição dos processos (subcláusula 8.2.3).
- Dados provenientes da monitorização e medição do produto (subcláusula 8.2.4).

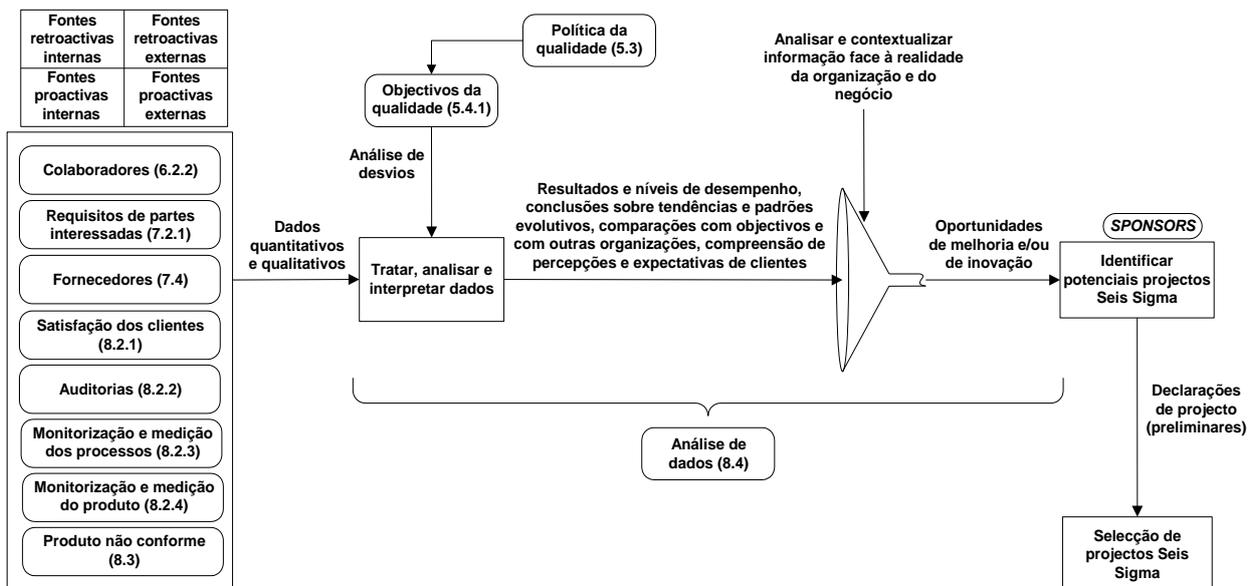


Figura 4.7 – Detalhe do processo de identificação de potenciais projectos Seis Sigma num contexto de integração com um sistema de gestão da qualidade ISO 9001.

É expectável que as necessidades das organizações, ao nível da análise de dados relevantes para o sistema de gestão da qualidade, sejam mais alargadas que o estabelecido nesta cláusula da norma de referência (APCER, 2003). O mesmo sucede com a abrangência das fontes necessárias a uma completa identificação de potenciais projectos Seis Sigma. Deste modo, às quatro categorias de fontes anteriores, o modelo proposto adiciona outras quatro:

- Dados com origem nos colaboradores (subcláusula 6.2.2).
- Dados constantes de requisitos formalizados por partes interessadas com funções de carácter legal e regulamentar (7.2.1).
- Dados resultantes da realização de auditorias (subcláusula 8.2.2).
- Dados relativos a produto não conforme (cláusula 8.3).

As partes interessadas referidas podem ser, nomeadamente, entidades reguladoras e outros órgãos legisladores, comissões técnicas de organismos de normalização, associações empresariais, entre outras eventuais.

Tem-se assim um total de oito categorias de fontes de dados, enquadráveis em tantas outras cláusulas/subcláusulas do referencial ISO 9001. Uma vez tratados, analisados e interpretados, os dados fornecerão informação que potenciará a identificação de potenciais projectos Seis Sigma que possam contribuir para a melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade. O quadro 4.12 fornece exemplos das oito categorias de fontes de dados referidas, enquadrando-os em torno de quatro quadrantes, consoante a origem (interna ou externa) e a forma (retroactiva ou proactiva) como os dados são obtidos. A explicação destes quadrantes encontra-se na secção 2.5.1 do capítulo 2.

A análise e interpretação desse conjunto de dados fornecerão uma visão alargada e abrangente sobre os resultados e níveis de desempenho do sistema de gestão da qualidade, incluindo a capacidade de ir ao encontro dos requisitos dos clientes, dos legais e dos regulamentares. Potenciarão também uma maior compreensão das tendências do negócio, um melhor conhecimento relativo à evolução das necessidades e expectativas dos clientes, a realização de exercícios de análise de desvios entre resultados e objectivos (comparando e detectando desfasamentos entre os resultados revelados pelos indicadores-chave de desempenho do sistema de gestão da qualidade e os objectivos da qualidade estabelecidos), ou ainda a comparação dos resultados e níveis de desempenho alcançados pela organização, relativamente àqueles obtidos por outras organizações de referência.

Com base nas conclusões retiradas a partir do abrangente e completo conjunto de informação e do enquadramento desta na realidade do negócio e da estratégia organizacional, emergirão um leque de oportunidades de melhoria e/ou de inovação, de onde se poderão identificar potenciais projectos Seis Sigma relevantes para a melhoria dos resultados da organização e da eficácia e/ou eficiência do seu sistema de gestão da qualidade. Os *Sponsors*, responsáveis por essa identificação, deverão elaborar uma primeira versão da Declaração de Projecto, onde farão um enquadramento e descrição de cada projecto proposto. O apêndice XVI contém uma proposta de ficha de Declaração de Projecto.

Quadro 4.12 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir das cláusulas/subcláusulas da norma ISO 9001.

	Fontes com origem interna	Fontes com origem externa
Fontes retroactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Valores dos indicadores-chave de desempenho (KPIs) relativos à gestão de recursos humanos (6.2.2). • Valores dos KPIs relativos à eficiência dos processos do SGQ (8.2.3). • Resultados de estudos à capacidade dos processos do SGQ em cumprir os requisitos aplicáveis (8.2.3). • Valores dos KPIs relativos ao rendimento dos processos do SGQ (8.2.3). • Cartas de controlo das variáveis-chave de entrada dos processos (8.2.3). • Resultados de verificações/inspecções ao produto ao longo dos diferentes estádios dos processos (8.2.4). • Cartas de controlo das características críticas para a qualidade do produto (8.2.4). • Valores dos KPIs relativos à conformidade do produto (8.2.4 e 8.3). • Dados referentes ao tratamento de produto não conforme (8.3). 	<ul style="list-style-type: none"> • Diplomas legais, directivas, regulamentos e/ou normas publicados (7.2.1). • Resultados de acções de verificação ou inspecção ao produto comprado (7.4). • Resultados da avaliação e selecção periódica dos fornecedores (7.4). • Reclamações e manifestações de insatisfação de clientes (8.2.1). • Accionamentos de garantia (8.2.1). • Resultados de inquéritos regulares para monitorizar a satisfação dos clientes (8.2.1). • Estudos de mercado publicados (8.2.1). • Valores dos KPIs relativos aos processos do SGQ de organizações concorrentes (8.2.3). • Relatórios relativos a testes/ensaios, realizados por laboratórios externos, para avaliar a conformidade do produto, ou amostra(s) do produto, face a critérios de aceitação definidos (8.2.4). • Produto devolvido pelos clientes devido a não conformidades (8.3).
Fontes proactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Sugestões e ideias dos colaboradores para a melhoria do SGQ e/ou dos seus processos (6.2.2). • Sessões de <i>brainstorming</i> junto dos colaboradores, em especial daqueles envolvidos na concepção e desenvolvimento, com vista à geração de ideias para novos produtos (6.2.2). • Resultados de auditorias internas ao SGQ, em particular de não conformidades e oportunidades de melhoria (8.2.2). • Resultados de análises proactivas aos processos, tais como análise de fluxos e de tempos (8.2.3). • Resultados de ensaios e testes realizados internamente aos produtos (8.2.4). 	<ul style="list-style-type: none"> • Diplomas legais, directivas, regulamentos e/ou normas em fase de projecto, por isso ainda não publicados (7.2.1). • Auditorias de segunda parte realizadas a fornecedores (7.4). • Sugestões e informação de retorno dos fornecedores, em paralelo com a realização do processo de compras (7.4). • Resultados de grupos focalizados, entrevistas individuais, entre outras iniciativas, para determinar a percepção, necessidades e expectativas dos clientes (8.2.1). • Avaliação competitiva com base na opinião dos clientes (8.2.1). • Sugestões de clientes (8.2.1). • Resultados de auditorias externas, de segunda e terceira partes (8.2.2). • Avaliação comparativa com o desempenho de processos semelhantes noutras organizações (8.2.3). • Resultados de <i>benchmarking</i> técnico com produtos concorrentes (8.2.4). • Resultados decorrentes de engenharia inversa a produtos concorrentes (8.2.4).

4.3.2.4.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma

A revisão do sistema de gestão da qualidade (cláusula 5.6 da ISO 9001) é um processo, conduzido pela gestão de topo da organização em intervalos de tempo regulares e planeados, que tem por objectivo avaliar, com base num conjunto de informação de entrada (subcláusula 5.6.2): a pertinência, adequabilidade, a eficácia e eficiência desse sistema de gestão. as oportunidades de melhoria, o grau de concretização dos objectivos da qualidade e a adequabilidade destes, ou ainda as linhas orientadoras constantes da Política da Qualidade. O resultado da revisão pela gestão (subcláusula 5.6.3) deve incluir acções e decisões relativas à melhoria da eficácia do sistema de gestão da qualidade e dos seus processos (Hoyle, 2003).

O processo de revisão pela gestão pode ser utilizado numa perspectiva mais abrangente, podendo, por isso, o seu âmbito ser estendido a outros subsistemas de gestão da organização e a múltiplos domínios do negócio (Schlickman, 2003). Desse modo, a revisão pela gestão pode revelar-se como um instrumento de grande utilidade no seio de um programa Seis Sigma e na integração deste com o sistema de gestão da qualidade ISO 9001, pelo facto de permitir, nomeadamente:

- Avaliar a adequabilidade e eficácia do sistema Seis Sigma e definir acções que visem a sua melhoria.
- Avaliar a adequabilidade e eficácia da integração do sistema/programa Seis Sigma com o sistema de gestão da qualidade, baseado na norma ISO 9001, e definir acções que melhorem essa mesma integração.
- Enquadrar as oportunidades de melhoria e/ou inovação, identificadas a partir da análise dos dados provenientes das várias fontes de informação, na estratégia organizacional e, assim, poder priorizar, combinar ou articular os potenciais projectos, identificados pelos *Sponsors*, que concorram para objectivos comuns.
- Avaliar a contribuição que cada potencial projecto Seis Sigma pode ter para a melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade e para a concretização dos objectivos da qualidade.
- Avaliar, com base num conjunto pré-definido de critérios, os vários projectos Seis Sigma candidatos, de modo a seleccionar aqueles que potenciem maior valor acrescentado e benefícios para a organização, seus clientes e outras partes interessadas.
- Definir claramente o âmbito e os objectivos dos projectos Seis Sigma seleccionados, assegurando o seu alinhamento com a Política e os objectivos da qualidade.
- Determinar e providenciar os meios e recursos, incluindo a equipa de projecto, necessários para o planeamento, realização e encerramento dos projectos Seis Sigma seleccionados.

A figura 4.8 descreve os elementos referentes às entradas e saídas do processo de revisão pela gestão num contexto de integração do Seis Sigma com um sistema de gestão da qualidade, respeitando o conteúdo da cláusula 5.6 da norma ISO 9001. A análise nesta subsecção concentrar-se-á na utilização do processo de revisão pela gestão com o objectivo de efectuar a selecção dos melhores projectos Seis Sigma, de entre aqueles que constam do portefólio de potenciais projectos.

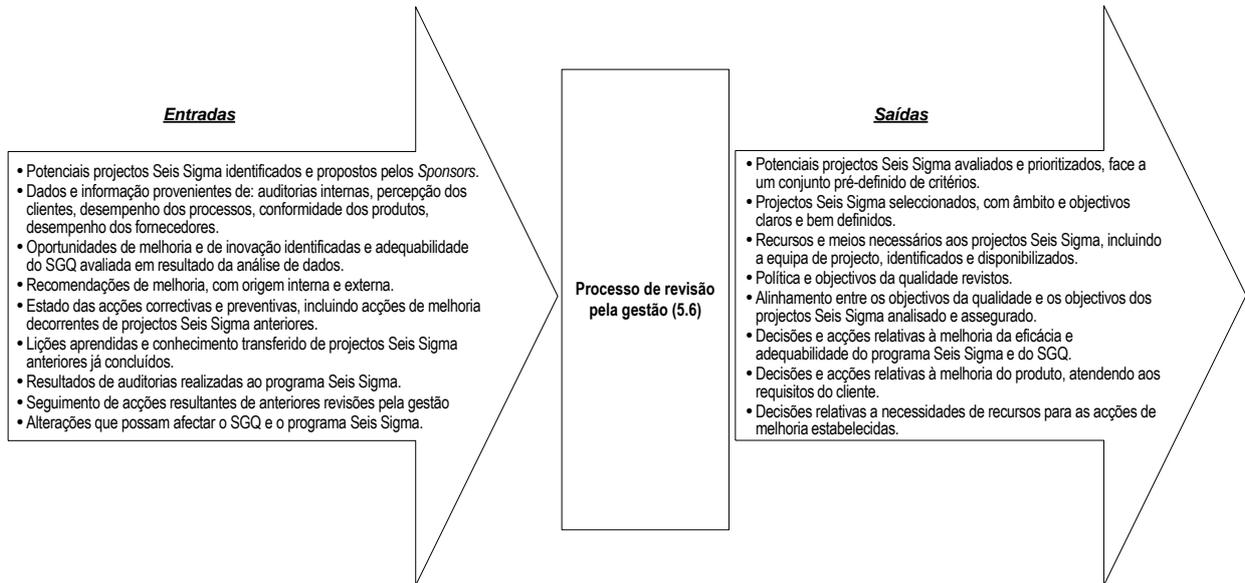


Figura 4.8 – Processo de revisão pela gestão num contexto de integração do Seis Sigma com um sistema de gestão da qualidade baseado no referencial ISO 9001.

A figura 4.9 descreve, em detalhe, o processo de selecção de projectos Seis Sigma, que envolve três fases e ocorre durante a revisão pela gestão.

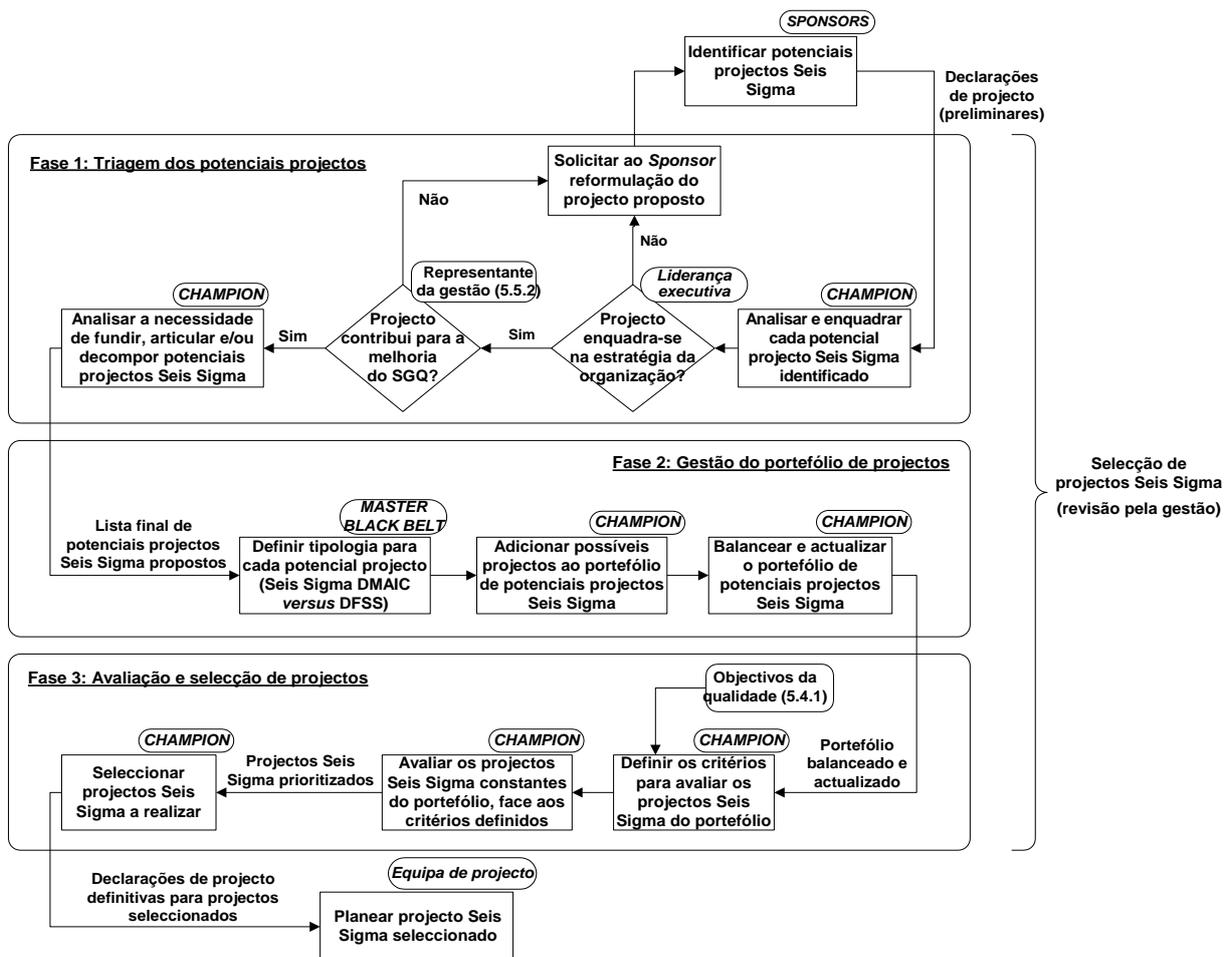


Figura 4.9 – Detalhe do processo de selecção de potenciais projectos Seis Sigma num contexto de integração com um sistema de gestão da qualidade ISO 9001.

Nesta revisão, conduzida pela liderança executiva, deverá participar o *Champion* ou grupo de *Champions* da organização, pelo facto de ser(em) ele(s) o(s) responsável(eis) pela selecção de projectos Seis Sigma (Hahn *et al.*, 1999). O representante da gestão para o sistema de gestão da qualidade poderá ser a mesma pessoa que ocupa a função de *Champion* no seio do sistema/programa Seis Sigma.

Descreve-se, de seguida, cada uma das três fases do processo de selecção de projectos Seis Sigma, ilustrado na figura 4.9:

- 1) *Triagem dos potenciais projectos Seis Sigma* – O(s) *Champion(s)* examina(m), em detalhe, os projectos Seis Sigma propostos pelos *Sponsors*, descritos nas respectivas Declarações de Projecto. Para os projectos que não se enquadrem na estratégia definida pela liderança executiva, ou que, de acordo com o representante da gestão, não contribuam para a melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade, é solicitado, aos *Sponsors* que os propuseram, uma reformulação sobre o enquadramento e os benefícios dos mesmos. Para os projectos que cumpram as duas condições referidas, é vital analisar, detalhadamente, o seu âmbito e objectivos, procedendo do seguinte modo:
 - i) Projectos com âmbito idêntico e que concorram para objectivos comuns devem ser fundidos num único projecto.
 - ii) Projectos com âmbitos e objectivos interdependentes devem ser identificados e a melhor forma de os articular determinada.
 - iii) Projectos com um âmbito muito amplo, contendo muitos objectivos, devem ser decompostos em projectos de âmbito mais específico e objectivos concretos.
- 2) *Gestão do portefólio de potenciais projectos Seis Sigma* – Nesta fase, os projectos propostos, depois de terminada a triagem, são adicionados ao portefólio de potenciais projectos, o qual deve ser continuamente gerido pela organização. Antes, porém, é necessário tipificar o tipo de projecto Seis Sigma, isto é, classificá-lo como projecto de melhoria contínua, assente no ciclo DMAIC, ou como projecto envolvendo concepção e desenvolvimento, baseado num mapa de DFSS. A metodologia proposta na secção 5.4 do capítulo 5 auxilia nesta tomada de decisão. Ao adicionar os novos potenciais projectos Seis Sigma, o portefólio existente tem de ser balanceado e actualizados antes de prosseguir para a avaliação e selecção finais. O balanceamento consiste na averiguação das relações de interdependência entre o novo conjunto de projectos que compõem o portefólio e a confirmação da manutenção do interesse de todos os possíveis projectos do portefólio, face a novas conjunturas e prioridades estratégicas. Apenas os projectos com potencial interesse devem transitar para a fase de avaliação.
- 3) *Avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma que constam do portefólio* – O início desta fase corresponde ao estabelecimento claro dos critérios, e eventuais subcritérios, que irão reger a avaliação e priorização dos potenciais projectos. Os critérios poderão ter graus de importância, ou ponderações, distintos. A secção 2.5.1, do capítulo 2, indica os principais critérios recomendados pela literatura. Num contexto de integração do Seis Sigma com a ISO 9001, um dos critérios a considerar deverá dizer respeito à contribuição que cada projecto Seis Sigma terá para a concretização dos objectivos da qualidade (subcláusula 5.4.1). A avaliação

dos possíveis projectos assenta, geralmente, numa avaliação multi-critério, havendo vários métodos que podem ser utilizados para o efeito, tais como o AHP (*Analytical Hierarchy Process*) ou as matrizes de prioridades. Desta avaliação resulta uma lista de projectos, ordenados por ordem de prioridade, que constitui um guia fundamental para a selecção final dos projectos a planear e realizar. Todavia, antes da tomada de uma decisão definitiva, é conveniente atender à interdependência entre os projectos determinada durante o balanceamento do portefólio (pode acontecer, por exemplo, que a realização de um projecto prioritário dependa da realização de um outro projecto menos prioritário), e à disponibilidade de recursos e de tempo (poderá haver, por exemplo, algum projecto que necessite de afectação de recursos que, num dado momento, não seja possível disponibilizar). Cada projecto seleccionado deve ser acompanhado da respectiva Declaração de Projecto na sua versão definitiva.

4.3.2.4.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma

O planeamento de cada projecto Seis Sigma deve assegurar que a integridade do sistema de gestão da qualidade é mantida (subcláusula 5.4.2), sempre que forem definidas e implementadas alterações ao sistema, decorrentes da realização do projecto Seis Sigma. Deve também ser assegurado um adequado alinhamento entre os objectivos do projecto e os objectivos da qualidade (cláusula 5.4.1). Por outro lado, a atribuição de responsabilidades aos membros da equipa de projecto deve ser coerente com as responsabilidades e autoridades definidas para todas as funções e níveis relevantes da organização, no âmbito do sistema de gestão da qualidade (subcláusula 5.5.1).

Para projectos Seis Sigma, que se desenrolem de acordo com o ciclo DMAIC, deve ter-se em linha de conta o conteúdo da subcláusula 8.1, que requer que a organização planeie o modo como monitoriza, mede, analisa e melhora os seus processos. Para projectos de DFSS, a subcláusula 7.3.1 assume um papel fundamental na fase de planeamento, tal como discutido na secção 4.3.2.3.

Em consequência da realização bem sucedida de um projecto Seis Sigma, independentemente da vertente metodológica que o mesmo assuma, são tomadas decisões, sob a forma de acções correctivas (subcláusula 8.5.2) e/ou acções preventivas (subcláusula 8.5.3), com vista à melhoria, mais incremental (projectos Seis Sigma DMAIC) ou mais radical (projectos de DFSS), do desempenho dos processos do negócio e/ou dos produtos fornecidos. Deste modo, estar-se-á a aumentar a capacidade da organização em ir ao encontro dos requisitos dos clientes e de outros requisitos relevantes, contribuindo para melhorar continuamente o sistema de gestão da qualidade.

Nos projectos de DFSS, em que os esforços de concepção e desenvolvimento se concentrem num conceito de produto, serviço ou processo inteiramente novo, o resultado é uma solução diferenciadora das existentes, capaz de aumentar o valor proporcionado aos clientes e o seu grau de satisfação. Por esta via, estar-se-á também a melhorar continuamente o sistema de gestão da qualidade.

4.3.2.4.4. Pós-projecto Seis Sigma

Esta fase envolve a avaliação sobre a eficácia de cada projecto Seis Sigma realizado, a reflexão acerca dos aspectos positivos e negativos que aconteceram no desenrolar do projecto (Anbari *et al.*,

2008) e a transferência do conhecimento acumulado e das lições aprendidas ao longo desse mesmo projecto (Tukel *et al.*, 2008). As revisões de pós-projecto constituem um mecanismo de aprendizagem organizacional que, ao permitir a conversão da informação recolhida, ao longo do projecto, em conhecimento, a ser posteriormente partilhado e transferido para uma esfera mais ampla da organização, potencia a melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade, do programa Seis Sigma e da integração entre estes dois.

4.4. Integração do Seis Sigma com o referencial ISO 14001

4.4.1. Introdução

A ISO 14001 é uma norma que estabelece os requisitos que um sistema de gestão ambiental (SGA) deve cumprir. A discussão desenvolvida nesta secção é aplicável à versão desse referencial de gestão, publicada em 2004.

A literatura em torno da integração do Seis Sigma com os sistemas de gestão ambiental é relativamente escassa e pouco aprofundada. A literatura tem-se debruçado, sobretudo, sobre a aplicação de projectos Seis Sigma à melhoria do desempenho ambiental e/ou de prevenção da poluição. As principais contribuições para o desenvolvimento do assunto devem-se a Marsh e Perera (2010), Calia *et al.* (2009), Marsh (2009), EPA (2009), Stefano *et al.* (2008) e Campbell (2004). A maior parte da literatura discute a integração com um sistema de gestão ambiental, mas não a particulariza para o referencial ISO 14001. Além disso, focaliza a discussão em torno do *Lean Six Sigma*, sobretudo da abordagem *Lean* (Marsh, 2009).

A Agência de Protecção Ambiental dos Estados Unidos (EPA – *U.S. Environmental Protection Agency*) publicou, em 2009, um documento onde descreve o modo como as abordagens *Lean* e Seis Sigma podem ser utilizadas em prol da melhoria e sustentabilidade ambiental das organizações. Para a EPA (2009), o *Lean Six Sigma* pode desempenhar um papel relevante na minimização dos impactos ambientais, na prevenção da poluição, na redução da pegada ecológica de produtos, serviços e processos, na melhoria contínua de um sistema de gestão ambiental, ou, ainda, no fornecimento de métricas para uma avaliação mais completa do desempenho ambiental.

Em todos os processos e actividades de uma organização ocorrem situações de ineficiência, as quais, de acordo com a abordagem *Lean Management*, podem ser enquadradas em sete tipos de desperdício. Muitas vezes, a esses factores de desperdício encontram-se associados aspectos ambientais susceptíveis de provocar impactos ambientais significativos (Tice *et al.*, 2005), pelo que a eliminação de desperdícios concorre para a minimização da magnitude dos impactos ambientais (EPA, 2009). Na verdade, um impacto ambiental, como é o caso da poluição, é um elemento de ineficiência não só ambiental, mas também económica (Könnölä e Unruh, 2007). No apêndice XVIII encontram-se exemplos de aspectos ambientais, com impacto significativo sobre o ambiente, sendo estes enquadrados em cada um dos sete factores de desperdício do *Lean Management*.

O desenvolvimento de acções que visem a eliminação de factores de desperdício podem, portanto, contribuir para reduzir a necessidade de consumo de energia, matérias-primas e demais recursos produtivos, diminuir a quantidade de resíduos produzidos e de poluentes emitidos, entre outras vertentes que melhorem o desempenho ambiental de uma organização (Vais *et al.*, 2006). Contudo, e apesar desta estreita relação, segundo Tice *et al.* (2005), a abordagem *Lean* não permite, por si só, reduzir o índice de gravidade associado ao risco dos impactos ambientais, nem entrar directamente em linha de conta com os impactos ambientais que podem ocorrer no ciclo de vida dos produtos.

Por outro lado, a realização de projectos de melhoria Seis Sigma pode desempenhar um papel importante, com vista melhorar a capacidade de uma organização para conseguir cumprir as especificações ambientais que constam dos requisitos legais e de outros requisitos aplicáveis, através de acções que reduzam a variabilidade, inerente às características críticas para a qualidade, associadas aos aspectos ambientais de produtos, serviços e/ou processos (EPA, 2009).

A *IBM* desenvolveu uma metodologia, a que chamou *Green Sigma* (quadro 4.13), onde as técnicas e ferramentas incorporadas nas metodologias *Lean* e *Seis Sigma* são aplicadas, de forma estruturada, com o objectivo de analisar, melhorar, otimizar e controlar as actividades dos processos susceptíveis de causar impactos ambientais significativos. Esses impactos ambientais são medidos através de um conjunto de indicadores-chave de desempenho, como, por exemplo: a pegada ecológica, o número de toneladas de dióxido de carbono emitidos, o número de créditos de carbono e os custos a eles inerentes, a quantidade de energia consumida, entre outros.

Quadro 4.13 – Metodologia *Green Sigma* (adaptado de: *IBM Corporation*, 2007).

Fase	Descrição
Fase I: <i>Definição dos indicadores-chave de desempenho.</i>	Estabelecer indicadores-chave de desempenho ambientais mensuráveis, à medida do negócio e do sector de actividade da organização.
Fase II Estabelecimento de medição.	Identificar áreas dos processos para implementação de um sistema de medição que permita determinar o valor actual de cada indicador-chave definido e monitorizar a sua evolução futura, de modo a poder identificar oportunidades de melhoria.
Fase III <i>Desdobramento do painel de indicadores-chave de desempenho.</i>	Desdobrar os indicadores-chave de desempenho, de modo a que abranjam todos os níveis e funções relevantes na organização. Isso permitirá, em todos eles, estabelecer objectivos ambientais, recolher e analisar dados ambientais que permitam acompanhar o desempenho ambiental e verificar o cumprimento dos objectivos, bem como priorizar áreas e oportunidades de melhoria.
Fase IV <i>Otimização dos processos.</i>	Aplicar, de forma estruturada, técnicas e ferramentas oriundas do <i>Lean Six Sigma</i> , com o objectivo de analisar, melhorar e otimizar aqueles processos contendo aspectos ambientais que provocam os impactos mais significativos no ambiente.
Fase V <i>Controlo do desempenho.</i>	Desenvolver e implementar um plano de controlo das variáveis-chave de entrada (KPIVs, também chamadas de factores de controlo) e de saída (KPOVs ou CTQCs) dos processos, associadas aos impactos ambientais. O controlo dessas variáveis deve ser feito estatisticamente. Replicar as boas práticas, resultantes da execução da fase anterior, a outros processos.

A literatura apresenta alguns casos de estudo, onde o desenvolvimento de projectos Seis Sigma conduz ao aumento do desempenho e sustentabilidade ambiental. A W. R. Grace & Company (2003), uma empresa do ramo petroquímico, descreve um projecto que, através do aumento da capacidade de reutilização de gás metano para cozer vapor e electricidade, permitiu reduzir a dependência do consumo de combustível em 65% e de electricidade em 40%. Num outro artigo, a *DOW Chemical* (2004) apresenta um amplo conjunto de projectos que resultaram na poupança da energia utilizada no seus processos produtivos. No sector da construção e manutenção de infraestruturas de gás, Ryan (2005) exemplifica vários âmbitos de aplicação de projectos Seis Sigma ao sector, alguns deles com benefícios ambientais resultantes, como seja a redução do número de intervenções e reparações necessárias (com a conseqüente redução dos recursos consumidos e de combustível gasto na deslocação dos piquetes). Vais *et al.* (2006) descrevem um projecto *Lean Six Sigma*, realizado numa indústria romena produtora de placas para transformadores, que permitiu uma redução de 87%, na quantidade de água consumida, uma diminuição substancial do volume de descargas diárias de águas residuais sobre o rio, bem como uma grande redução no volume de papel utilizado nos processos administrativos. Bañuelas *et al.* (2005) ilustram a contribuição de um projecto Seis Sigma para a redução do desperdício de material utilizado num processo de revestimento de produtos para a indústria automóvel, o que conduziu a uma diminuição dos impactos ambientais.

Stefano *et al.* (2008) analisaram os pontos comuns entre o Seis Sigma e um sistema de gestão ambiental, baseado na norma ISO 14001, o que lhes permitiu explorar a possibilidade de trabalhar as duas iniciativas em conjunto. Os autores concluíram que, embora o âmbito das duas abordagens divirja, a melhoria continua e o enfoque na satisfação do cliente são importantes elos de ligação entre elas. Para Campbell (2004), o Seis Sigma permite não só melhorar continuamente a adequabilidade, eficácia e eficiência do sistema de gestão ambiental, através do ciclo DMAIC, como também pode ser usado, através da abordagem de DFSS, para conceber, desenvolver e implementar o próprio sistema de gestão ambiental. Edgeman e Dugan (2008) exploram a aplicação de projectos Seis Sigma na área da inovação (projectos DFSS) que permitam conceber e desenvolver soluções que minimizem os impactos ambientais causados pelas actividades económicas e industriais. Marsh (2009) desenvolveu um processo de avaliação ambiental com base na abordagem *Lean Six Sigma* (ELSSA – *Environmental Lean Six Sigma Assessment*). Segundo o autor, o ELSSA permite, através de um conjunto de questionários, estimar o desempenho e sustentabilidade ambientais de uma organização relativamente a uma série de parâmetros críticos, identificar necessidades de formação e ainda alinhar objectivos ambientais com a estratégia organizacional.

Calia *et al.* (2009) estudaram o contributo da realização regular de projectos Seis Sigma para o sucesso de um programa de prevenção da poluição levado a cabo no seio de uma grande empresa multinacional. Entre outras conclusões, os autores verificaram, através de comparações estatísticas, que seis anos após os projectos Seis Sigma terem tido início, a empresa conseguiu reduzir mais 60% do número de toneladas equivalentes de CO₂ de poluição do que a redução conseguida nos seis anos anteriores em que o programa de prevenção da poluição esteve em vigor. Marsh e Perera (2010), desenvolveram um inquérito, respondido por 173 organizações de 20 sectores de actividade diferentes, em que 60% delas afirmaram que a realização regular de projectos *Lean Six Sigma* resultou em benefícios ao nível do seu sistema de gestão ambiental.

Os trabalhos publicados em torno da integração entre o Seis Sigma e a norma ISO 14001, além de escassos, são sobretudo conceptuais e pouco aprofundados. Com o intuito de preencher esse vazio, desenvolve-se nesta secção da tese um conjunto de princípios, linhas de orientação e modelos que guiem uma organização, qualquer que seja o sector de actividade em que ela actue, no sentido de efectivar a integração referida.

4.4.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a ISO 14001

A abordagem à integração aqui proposta, que envolve os dois tópicos seguintes, refere-se à versão 2004 da ISO 14001 e adopta o Seis Sigma numa perspectiva de sistema alargado de gestão, que engloba também as perspectivas de metodologia e de métrica:

- 1) Desenvolvimento de linhas de orientação, enquadradas na estrutura do ISO Guide 72, para tirar partido das sinergias existentes entre as actividades que podem ser desenvolvidas no seio de um programa/sistema Seis Sigma e os requisitos contidos nas cláusulas e subcláusulas da norma ISO 14001.
- 2) Articulação entre as actividades inerentes às fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, desde a sua identificação até ao período de pós-projecto, com as cláusulas e subcláusulas da ISO 14001.

Antes de detalhar cada um destes tópicos, importa referir, de forma resumida, as principais sinergias, e consequentes vantagens, que podem advir de uma eficaz integração entre o Seis Sigma e um sistema de gestão ambiental baseado no referencial ISO 14001:

- O amplo conjunto de métricas fornecido pelo Seis Sigma permite quantificar o desempenho ambiental da organização e determinar a sua capacidade para cumprir os requisitos legais e outros requisitos ambientais aplicáveis. Desse modo, essas métricas contribuem também para reforçar e tornar mais completo o painel de indicadores-chave de desempenho utilizados no âmbito de um sistema de gestão ambiental.
- Os mapas utilizados na realização de projectos Seis Sigma, seja o DMAIC ou aqueles utilizados num contexto de DFSS, fornecem metodologias estruturadas que permitem sistematizar o processo de melhoria contínua do sistema de gestão ambiental.
- O Seis Sigma fomenta a utilização estruturada de técnicas/ferramentas, promovendo assim a adopção da prática da tomada de decisões, baseadas em factos, no seio do SGA.
- Os benefícios da realização regular de projectos Seis Sigma na área ambiental pode manifestar-se, através da melhoria dos indicadores de desempenho ambiental, numa redução dos impactos ambientais causados pela actividade da organização, numa maior capacidade para cumprir os requisitos legais e outros requisitos ambientais subscritos pela organização, e/ou numa melhoria da capacidade para concretizar ou até superar os objectivos e metas ambientais estabelecidos.
- Da realização regular e bem sucedida de projectos Seis Sigma na área ambiental, resulta a criação de registos que, em sede de auditoria ao sistema de gestão ambiental, fornecem

evidências objectivas de que a organização cumpre um conjunto amplo de requisitos constantes da norma ISO 14001, tais como: confirmação dos compromissos de melhoria contínua e de prevenção da poluição, desenvolvimento e implementação de programa(s) ambiental(ais), definição, implementação e verificação da eficácia das acções correctivas e/ou acções preventivas, capacidade do cumprimento dos requisitos legais, entre outros.

- A realização regular e bem sucedida de projectos Seis Sigma na área ambiental, ao concorrerem para o cumprimento dos requisitos da norma ISO 14001 e para a melhoria contínua do sistema de gestão ambiental, contribuirá também para que a organização consiga obter, manter ou renovar a certificação do sistema de gestão ambiental.
- Os procedimentos relativos à gestão de documentos e de registos, definidos no âmbito do sistema de gestão ambiental, fornecem um suporte útil à gestão dos documentos e dos registos gerados durante as diferentes fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, isto é, desde a sua identificação até à fase de pós-projecto.
- A aplicação dos princípios do Seis Sigma e a utilização selectiva e estruturada das suas técnicas e ferramentas facilitam o processo de levantamento dos aspectos ambientais de produtos, serviços e processos, auxiliando também a identificar os impactos ambientais a eles associados e a determinar quais deles são significativos.
- Os processos de revisão pela gestão e de auditorias internas, requeridos para o sistema de gestão ambiental, podem ter um âmbito mais alargado e desempenhar um papel importante no seio de um programa Seis Sigma.
- A estrutura documental do sistema de gestão ambiental inclui procedimentos e modelos de registo pré-definidos, que podem auxiliar na recolha, tratamento e análise de dados durante a realização de projectos Seis Sigma na área ambiental.

4.4.2.1. Integração do Seis Sigma com a ISO 14001 com base na estrutura do ISO Guide 72

Nesta secção são desenvolvidas e apresentadas várias linhas de orientação para integrar, de forma consistente e sistemática, os requisitos constantes das cláusulas e subcláusulas da norma ISO 14001 com o Seis Sigma. Novamente, o Seis Sigma é abordado na perspectiva de sistema de gestão. A estrutura do ISO Guide 72 é utilizada como plataforma para organizar as diferentes linhas de orientação referentes à integração.

O quadro 4.14, que resume a abordagem adoptada, enquadra as cláusulas e subcláusulas ISO 14001 nos assuntos principais e elementos comuns, referidos no ISO Guide 72. As linhas de orientação, propostas na tese para integrar o Seis Sigma com o referencial de gestão ambiental ISO 14001, encontram-se descritas, em pormenor, nos apêndices indicados na coluna, mais à direita, deste quadro. As linhas de orientação foram desenvolvidas para serem aplicáveis no contexto de uma organização, independentemente da sua dimensão e dos sectores de actividade em que actue ou desenvolva negócio, que deseje implementar, manter e melhorar um sistema global de gestão que integre um sistema/programa Seis Sigma e um sistema de gestão ambiental (SGA), alicerçado no referencial normativo ISO 14001.

Quadro 4.14 – Quadro resumo do modelo proposto para integrar o Seis Sigma com as cláusulas e subcláusulas da norma ISO 14001, utilizando a estrutura do ISO Guide 72:2001.

Assuntos principais comuns ISO Guide 72	Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Linhas de orientação para integração com o Seis Sigma
Política.	Política e princípios.	4.1, 4.2	Apêndice VI.1
Planeamento.	Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas.	4.3.1, 4.3.2	Apêndice VI.2
	Seleção de questões importantes a serem abordadas.	4.3.1, 4.3.2	Apêndice VI.2
	Definição de objectivos e metas.	4.3.3	Apêndice VI.2
	Identificação de recursos.	4.4.1	Apêndice VI.2
	Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades.	4.4.1	Apêndice VI.2
	Planeamento dos processos operacionais.	4.4.6	Apêndice VI.2
	Preparação de contingência para eventos previsíveis.	4.4.7	Apêndice VI.2
Implementação e operação.	Controlo operacional.	4.4.6	Apêndice VI.3
	Gestão de recursos humanos.	4.4.2	Apêndice VI.3
	Gestão de outros recursos.	4.4.1	Apêndice VI.3
	Documentação e seu controlo.	4.4.4, 4.4.5, 4.5.4	Apêndice VI.3
	Comunicação.	4.4.3	Apêndice VI.3
	Relacionamento com fornecedores e subcontratados.	4.4.6	Apêndice VI.3
Avaliação de desempenho.	Monitorização e medição.	4.5.1, 4.5.2	Apêndice VI.4
	Análise e tratamento de não conformidades.	4.5.3	Apêndice VI.4
	Auditorias ao sistema.	4.5.5	Apêndice VI.4
Melhoria.	Acções correctivas.	4.5.3	Apêndice VI.5
	Acções preventivas.	4.5.3	Apêndice VI.5
	Melhoria contínua.	4.2, 4.6	Apêndice VI.5
Revisão pela gestão.	Revisão pela gestão.	4.6	Apêndice VI.6

4.4.2.2. Enquadramento das cláusulas da ISO 14001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma

O modelo ilustrado na figura 4.10 permite articular as diferentes fases associadas ao ciclo de vida dos projectos Seis Sigma com as cláusulas/subcláusulas do referencial normativo de gestão ambiental ISO 14001. Tal como no caso da ISO 9001, este modelo contém um conjunto de cláusulas/subcláusulas, indicadas na parte inferior do diagrama, que representam processos de carácter transversal e de suporte às actividades que são desenvolvidas no seio do modelo.

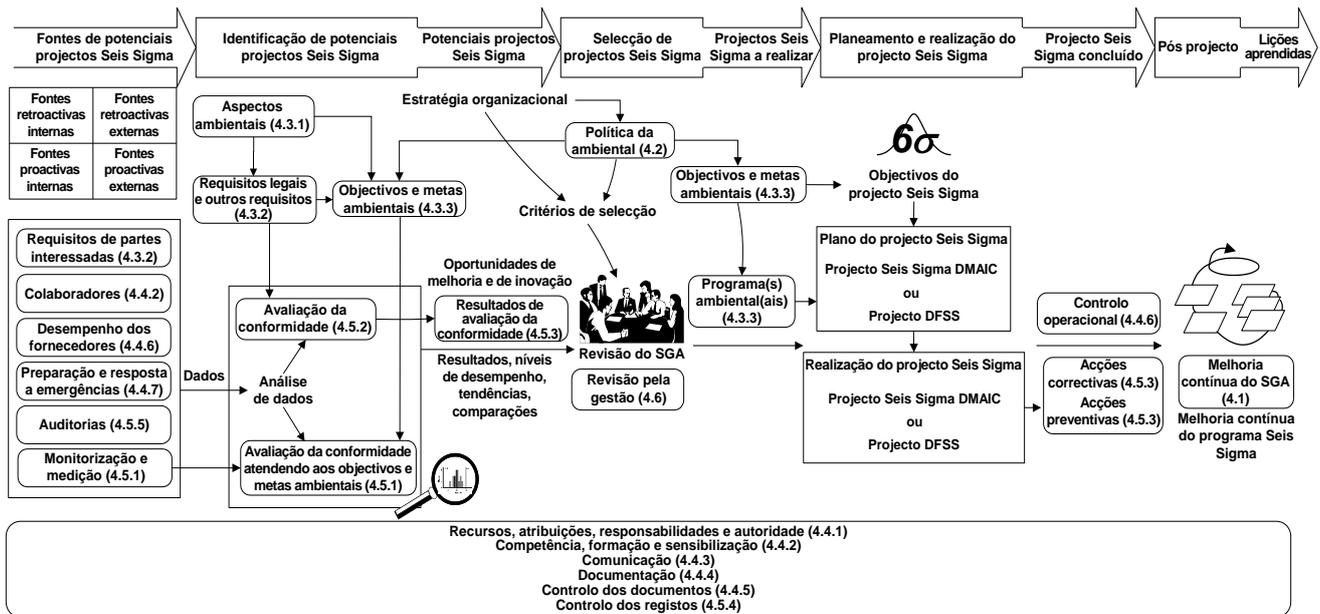


Figura 4.10 – Enquadramento das cláusulas/subcláusulas da ISO 14001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.

4.4.2.2.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma

Num contexto de integração com um sistema de gestão ambiental, os melhores projectos Seis Sigma são aqueles que permitem à organização melhorar, sustentadamente, o seu desempenho ambiental e, através disso, aumentar a sua capacidade de satisfazer os requisitos ambientais e as necessidades e expectativas da sociedade e de outras partes interessadas. Paralelamente, e sempre que possível, a melhoria do desempenho ambiental, isto é, a contínua redução dos impactos ambientais, deverá ser acompanhada de um aumento da eficiência operacional da organização.

A capacidade de identificar bons potenciais projectos Seis Sigma de cariz ambiental assume, deste modo, grande importância. Uma adequada articulação com um sistema de gestão ambiental, baseado na norma ISO 14001, deverá contemplar esse objectivo. A medição e monitorização das características principais, inerentes às operações susceptíveis de causar impactos ambientais significativos, é uma das actividades, mas não a única, que permite recolher e compilar dados, cuja análise permitirá identificar potenciais projectos Seis Sigma que concorram para a melhoria contínua do sistema de gestão ambiental. As seguintes categorias de fontes de dados, com as respectivas subcláusulas associadas, protagonizam um papel relevante para a identificação de possíveis projectos Seis Sigma:

- Dados constantes de requisitos formalizados por partes interessadas, com funções de carácter legal e regulamentar (4.3.2).
- Dados com origem nos colaboradores (subcláusula 4.4.2).
- Dados provenientes de e relativos a fornecedores, incluindo subcontratados (subcláusula 4.4.6).
- Dados relativos à capacidade de preparação e resposta a situações de emergência (subcláusula 4.4.7).
- Dados provenientes da monitorização e medição ambiental (subcláusula 4.5.1).
- Dados resultantes da realização de auditorias (subcláusula 4.5.5).

O quadro 4.15 detalha exemplos de cada uma destas seis categorias de fontes, enquadrando-os nos quatro quadrantes anteriormente referidos.

Quadro 4.15 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir das cláusulas/subcláusulas da norma ISO 14001.

	Fontes com origem interna	Fontes com origem externa
Fontes retroactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Valores dos KPIs relativos à gestão de recursos humanos (4.4.2). • Relatórios de ocorrência acerca de situações de acidente ou emergência ambiental (4.4.7). • Resultados das verificações periódicas aos aspectos ambientais dos processos organizacionais (4.5.1). • Cartas de controlo relativas à medição e monitorização das características críticas para a qualidade que podem ter um impacto ambiental significativo (4.5.1). • Valores dos KPIs de gestão ambiental associados aos controlos operacionais (4.5.1). • Valores dos KPIs de gestão ambiental para monitorizar a concretização dos objectivos e metas ambientais (4.5.1). • Valores dos KPIs de gestão ambiental que permitam verificar o cumprimento dos requisitos legais e de outros requisitos ambientais (4.5.1). • Métricas relativas à eficiência dos processos organizacionais (4.5.1). 	<ul style="list-style-type: none"> • Diplomas legais, directivas, regulamentos e/ou normas publicados, relativos à área ambiental (4.2.2). • Resultados de acções de monitorização e controlo, realizadas por entidades subcontratadas, às características críticas das operações que podem causar impactos ambientais significativos (4.4.6). • Resultados da avaliação e selecção periódica dos fornecedores, atendendo ao seu desempenho ambiental e à sua capacidade para cumprir os requisitos ambientais aplicáveis (4.4.6). • Reclamações e manifestações de insatisfação por parte de partes interessadas, relativamente ao desempenho ambiental da organização (4.5.1). • Resultados de inquéritos para medir e monitorizar a satisfação das partes interessadas sobre o desempenho ambiental da organização (4.5.1). • Estudos publicados por entidades externas, com dados sobre o desempenho ambiental da organização e/ou de organizações concorrentes (4.5.1).
Fontes proactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Sugestões e ideias dos colaboradores sobre soluções que minimizem os impactos ambientais inerentes às operações, produtos e/ou serviços da organização (4.4.2). • Sessões de <i>brainstorming</i> junto dos colaboradores, em especial daqueles envolvidos na concepção e desenvolvimento, com vista à geração de ideias para novos produtos que se diferenciem pelas suas propriedades “amigas” do ambiente (4.4.2). • Resultados de simulacros realizados para testar o plano de preparação e resposta a emergências adoptado (4.4.7). • Resultados de auditorias internas ao SGA, em particular não conformidades e oportunidades de melhoria (4.5.5). • Resultados de auditorias de verificação ambiental (4.5.5). 	<ul style="list-style-type: none"> • Diplomas legais, directivas, regulamentos e/ou normas, na área ambiental, em fase de projecto e, por isso, ainda não publicados (4.3.2). • Auditorias ambientais de segunda parte, realizadas em nome da organização, a fornecedores e subcontratados (4.4.6). • Avaliação competitiva, com base na opinião de clientes e outras partes interessadas, acerca do cumprimento dos requisitos e/ou boas práticas ambientais (4.5.1). • Sugestões relativas ao SGA oriundas de clientes e de partes interessadas (4.5.1). • <i>Benchmarking</i> competitivo com enfoque na comparação dos impactos ambientais causados por produtos concorrentes face aos causados por produtos da organização (4.5.1). • Análise ambiental de ciclo de vida a produtos e processos (4.5.1). • Resultados de auditorias externas ao SGA, de segunda e terceira partes (4.5.5).

O conjunto de dados, de carácter quantitativo e/ou qualitativo, provenientes das diferentes categorias de fontes podem ser tratados, analisados e interpretados, recorrendo ao auxílio de técnicas e ferramentas apropriadas, de modo a:

- Determinar e avaliar os níveis de desempenho ambiental da organização.
- Verificar se os resultados e os níveis de desempenho alcançados cumprem os requisitos legais e outros requisitos ambientais subscritos pela organização. Esta “avaliação da conformidade” corresponde aos requisitos contidos na subcláusula 4.5.2 da ISO 14001.
- Averiguar o grau e a abrangência do cumprimento dos objectivos e metas ambientais estabelecidos, face aos resultados e níveis de desempenho ambientais alcançados. Esta é uma das actividades que decorre do cumprimento dos requisitos inseridos na subcláusula 4.5.1 da ISO 14001, referente à “monitorização e medição”.
- Comparar os resultados e níveis de desempenho ambientais da organização com os atingidos por outras organizações.
- Determinar a situação actual e compreender tendências e padrões evolutivos relativamente ao desempenho ambiental global da organização, aos custos incorridos devido aos impactos ambientais causados, às exigências legais e regulamentares na área ambiental, às tecnologias de processos e suas possibilidades na redução dos impactos ambientais, entre outros parâmetros e contextos de envolvente interna e externa, cujo acompanhamento de tendências possa ser relevante, tendo em vista a sustentabilidade ambiental.

Em resultado da realização destas actividades, resulta normalmente informação abrangente e completa que, sendo compilada, avaliada, cruzada e contextualizada no negócio e na estratégia da organização, levará à identificação de oportunidades de melhoria e/ou de inovação na área ambiental. A partir dessas oportunidades e de modo a procurar concretizá-las, devem ser identificados e propostos projectos Seis Sigma, tarefas que são da responsabilidade dos *Sponsors* da organização. Cada potencial projecto Seis Sigma deve ser acompanhado de uma ficha de Declaração de Projecto, onde se descrevem, entre outros tópicos, o âmbito e os objectivos do projecto proposto.

O espectro de oportunidades de melhoria é abrangente, incluindo domínios tão importantes como a redução do consumo de energia e de matérias-primas, a diminuição da frequência e/ou da gravidade dos incidentes ambientais, o aumento da eficiência produtiva, entre muitos outros possíveis. Sendo capaz de tirar partido das oportunidades de melhoria na área ambiental, uma organização, para além de conseguir melhorar continuamente a eficácia e adequabilidade do seu sistema de gestão ambiental, pode obter reduções de custos significativos e alcançar vantagens competitivas importantes, incluindo questões de imagem (Santos, 2003). Enumeram-se, a título exemplificativo, algumas oportunidades de melhoria que podem conduzir à realização de projectos Seis Sigma:

- Reduzir significativamente a necessidade de consumo de energia nos processos de realização do produto e/ou incrementar a taxa de eficiência energética, em virtude do aumento significativo do preço da energia.
- Prevenir a ocorrência de poluição em resultado de o tratamento e análise de dados terem evidenciado que o risco de ocorrência de acidentes ambientais é muito elevado.

- Reduzir o caudal mássico de compostos orgânicos voláteis libertados em emissões gasosas até níveis legalmente aceitáveis, em resultado da transposição para legislação nacional de uma directiva europeia que limita o teor daqueles compostos.
- Diminuir a taxa de desperdício de utilização de material consumível usado na realização de ensaios, de modo a cumprir o valor objectivado para essa taxa.

A problemática ambiental também contém em si inúmeras oportunidades de negócio, possibilitando que uma organização aproveite pressões a nível de exigências ambientais para desenvolver novos produtos ou novos processos (Ferreira, 2000). As oportunidades de inovação, no domínio ambiental, podem funcionar como catalisadores de vantagens competitivas, seja pela oferta de soluções de mercado diferenciadoras face às dos concorrentes (Winter, 1992), seja através de um incremento de eficiência produtiva ou da prestação do serviço, seja ainda pela redução dos custos de ciclo de vida associados ao produto, serviço ou processo. Potenciais projectos Seis Sigma, normalmente associados à abordagem de DFSS, derivam deste tipo de oportunidades.

4.4.2.2.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma

Na sequência do processo de revisão do sistema de gestão ambiental (cláusula 4.6 da ISO 14001), conduzido pela gestão de topo da organização, são tomadas decisões estratégicas (APCER, 2009), incluindo recomendações específicas de alterações, por forma a responder a novos desenvolvimentos e a melhorar o sistema de gestão ambiental. De entre as decisões estratégicas sobre as acções que serão desenvolvidas com o objectivo de melhorar o sistema de gestão ambiental, encontra-se a selecção, de entre o leque de propostas dos *Sponsors*, dos projectos Seis Sigma a realizar.

Nesta revisão, conduzida pela liderança executiva, deverá participar o *Champion*, ou grupo de *Champions*, da organização, pelo facto de ser(em) ele(s) o(s) responsável(eis) pela selecção de projectos Seis Sigma (Hahn *et al.*, 1999). O representante da gestão para o sistema de gestão ambiental poderá ser a mesma pessoa que ocupa a função de *Champion*.

O processo de selecção de projectos Seis Sigma, descrito na figura 4.9, que foi contextualizado para a integração com um sistema de gestão da qualidade, é semelhante para o caso de um sistema de gestão ambiental. A única diferença reside no facto de que onde se lê “SGQ” passará a ler-se “SGA”.

4.4.2.2.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma

O planeamento inicial de cada projecto Seis Sigma seleccionado é revisto e actualizado durante as revisões intermédias, ou *tollgates*, do projecto, devendo assegurar o alinhamento entre os objectivos do projecto e os objectivos e metas ambientais da organização. Por outro lado, a atribuição de papéis e responsabilidades aos membros de uma equipa do projecto Seis Sigma deve ser coerente com as responsabilidades e autoridades definidas no âmbito do sistema de gestão ambiental (subcláusula 4.4.1). O planeamento deve também assegurar que a integridade do sistema de gestão ambiental é mantida quando forem introduzidas alterações ao sistema, em resultado do projecto Seis Sigma.

As actividades estabelecidas e calendarizadas, na fase de planeamento, deverão permitir que os objectivos do projecto Seis Sigma sejam alcançados e, conseqüentemente, também os objectivos e metas ambientais a eles associados. Face a isto, e dado o conteúdo da subcláusula 4.3.3 da norma ISO 14001, pode concluir-se que o plano de um projecto Seis Sigma nesta área, corresponde, na prática, a um programa ambiental.

No decurso da realização de um determinado projecto Seis Sigma de âmbito ambiental, independentemente de se tratar de um projecto DMAIC ou de DFSS, são definidas acções correctivas e/ou preventivas (subcláusula 4.5.3) que contribuirão para a melhoria contínua do sistema de gestão ambiental da organização. Em projectos assentes no mapa DMAIC, as soluções de melhoria adoptadas na fase de *Improve* correspondem, sobretudo, a acções correctivas que eliminem ou mitiguem a(s) causa(s) de uma dada não conformidade ou de um problema que origine um impacto ambiental significativo. A definição de acções preventivas, por outro lado, é mais frequente em projectos de DFSS (embora possam ter lugar em projectos DMAIC), ocorrendo, sobretudo, na fase de *Design* do mapa DMADV, ou na fase de *Optimise* se o mapa IDOV for usado.

Na fase de *Control* do DMAIC são planeadas e implementadas acções de controlo operacional (subcláusula 4.4.6) que assegurem que os novos procedimentos, decorrentes das acções correctivas e preventivas, estabelecidas anteriormente, são adoptados de forma sistemática e que os níveis de desempenho, relativos às características críticas dos processos, produtos e serviços que podem causar impactos ambientais significativos, sejam os pretendidos, face aos requisitos legais e outros requisitos ambientais aplicáveis e/ou aos objectivos e metas ambientais estipulados pela organização.

4.4.2.2.4. Pós-projecto Seis Sigma

O pós-projecto envolve a avaliação da eficácia de cada projecto Seis Sigma realizado, a reflexão acerca dos aspectos positivos e negativos que aconteceram no desenrolar do mesmo (Anbari *et al.*, 2008) e a transferência do conhecimento acumulado e lições aprendidas (Tukel *et al.*, 2008). Num contexto de integração, a aprendizagem decorrente deste processo potencia também a melhoria contínua do sistema de gestão ambiental, do programa Seis Sigma e da articulação entre ambos.

4.5. Integração do Seis Sigma com o referencial OHSAS 18001

4.5.1. Introdução

O referencial OHSAS 18001 fornece os requisitos para um sistema de gestão da segurança e saúde do trabalho (SGSST), de forma a dotar a organização de capacidade de controlo dos seus riscos em termos de saúde e segurança e, assim, melhorar o seu desempenho (SGS, 2008). A discussão desenvolvida nesta secção é aplicável à versão deste referencial, publicada em 2007, disponível na íntegra em língua portuguesa na norma NP 4397:2008.

A integração do Seis Sigma com os sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho, baseados na norma OHSAS 18001, tem sido pouco abordado pela literatura científica. A literatura publicada tem-se centrado principalmente na contribuição que a metodologia DMAIC, utilizada em projectos Seis Sigma, pode ter na melhoria do desempenho da segurança e saúde no trabalho (SST) de uma organização. As propostas e/ou exemplos de integração têm portanto sido exploradas numa perspectiva metodológica, menos abrangente do que uma integração pensada numa vertente de sistema alargado de gestão. De entre as abordagens de utilização do mapa metodológico DMAIC na melhoria contínua da SST, destacam-se os seguintes trabalhos:

- Ng *et al.* (2005) demonstram a utilização do DMAIC na redução do risco de queda em altura dos trabalhadores no manuseamento e movimentação de contentores de carga, num porto marítimo em Hong Kong. Após os dados indicarem que o maior risco de queda em altura ocorria quando um dado trabalhador exercia funções na parte superior de um contentor, definiram-se os requisitos de segurança que deveriam ser verificados na realização dessas operações. Através da análise das relações de causa-efeito, foram identificadas as causas-raiz para o incumprimento dos requisitos de segurança. As acções de melhoria, que visaram actuar correctivamente e/ou preventivamente sobre as causas-raiz, conduziram a alterações procedimentais que reduziram o risco de queda em altura. Finalmente, foi definido e implementado um plano de monitorização e controlo para assegurar que os novos procedimentos de segurança estariam a ser cumpridos de forma sistemática.
- Williamsen (2005) descreve a realização de um projecto Seis Sigma DMAIC numa indústria do ramo alimentar, que visou reduzir significativamente as situações de lesão (corporais ou por doença) provocadas por acidentes de trabalho. O projecto começou pela definição das áreas prioritárias de actuação, atendendo ao princípios de Pareto, tendo-se constatado que as lesões nas costas eram o tipo de lesão que mais penalizava o indicador “perda de tempo de trabalho” (*lost time injury*). Conclui-se também que a maior parte das lesões nas costas eram contraídas durante as actividades de empilhamento. Uma análise ergonómica às tarefas envolvidas no empilhamento permitiu localizar pontos críticos, ou perigos, específicos onde o nível de risco de acidente não era aceitável. Nesses pontos críticos procedeu-se à investigação das causas dos acidentes. Identificadas as causas-raiz, definiram-se e implementaram-se acções correctivas que, de acordo com o autor, contribuíram para uma redução superior a 80% da ocorrência de acidentes com lesões graves, bem como para uma diminuição substancial dos valores relativos ao indicador “perda de tempo de trabalho”.
- ReVelle (2004) também propõe a utilização da metodologia DMAIC do Seis Sigma para reduzir os níveis de risco de SST nos locais de trabalho. A metodologia proposta por ReVelle, descrita no quadro 4.16, pretende ser genérica e adaptável a cada situação em concreto. ReVelle indica também um conjunto de organizações norte-americanas que têm desenvolvido, com sucesso, projectos Seis Sigma para melhorar o seu desempenho em SST, entre as quais a *DOW Chemical*, *GE* e *DuPont*.

Quadro 4.16 – Metodologia DMAIC do Seis Sigma na melhoria do desempenho da segurança e saúde nos locais de trabalho (adaptado de: ReVelle, 2004).

Fase do DMAIC	Principais actividades	Principais técnicas e ferramentas
<i>Define e Measure</i>	<ul style="list-style-type: none"> Identificar pontos críticos, ou perigos, ao longo dos processos organizacionais cujo risco associado não seja aceitável. Calcular a “taxa de acidentes” em cada ponto crítico. Converter essa “taxa de acidentes” em “número de acidentes por milhão de oportunidades” e calcular o Nível Sigma correspondente. Seleccionar o ponto crítico com menor Nível Sigma, que corresponde ao local de trabalho com maior oportunidade de melhoria a nível da SST. Caracterizar completamente o problema relativo a esse posto de trabalho (análises sobre: tipo de lesão/doença, incidência corporal das lesões, género, idade, turno de trabalho, entre outras), de modo a definir área(s) específica(s) de intervenção. 	<i>Brainstorming</i> , fluxogramas, diagrama de afinidades, gráfico de tendência, histograma, diagrama de Pareto, cartas de controlo.
<i>Analyse</i>	<ul style="list-style-type: none"> Conduzir análises de causa-efeito, de modo a identificar possíveis causas dos problemas de SST verificados no local de trabalho. Identificar as causas principais, de entre o conjunto de potenciais causas. Determinar as causas-raiz significativas dos problemas ocorridos no local de trabalho. Desenvolver possíveis acções correctivas e/ou preventivas que eliminem ou mitiguem as causas-raiz. 	Diagrama de Ishikawa, matrizes de prioridades, técnica de multivoto, diagrama de dispersão, QFD, <i>brainstorming</i> , análise do campo de forças (<i>Force field analysis</i>).
<i>Improve</i>	<ul style="list-style-type: none"> Avaliar o conjunto de possíveis acções correctivas e/ou preventivas, seleccionando aquelas com maior potencial de se revelarem eficazes. Planear a implementação das acções correctivas e/ou preventivas, anteriormente seleccionadas. Implementar o conjunto de acções correctivas e/ou preventivas, de acordo com o planeado. Estimar os novos níveis de desempenho e verificar se as acções correctivas e/ou preventivas foram eficazes. 	Fluxogramas, DOE, técnicas de simulação, FMEA, matrizes de prioridades.
<i>Control</i>	<ul style="list-style-type: none"> Estabelecer plano(s) de monitorização e controlo operacional associado(s) ao local de trabalho, que corresponde(m) ao ponto crítico identificado na fase de <i>Measure</i>. 	Plano de controlo, FMEA.

- Rancour e McCracken (2000) descrevem a metodologia *Six Sigma Safety*, desenvolvida no seio da empresa *Honeywell* para detectar e minimizar defeitos de segurança/saúde, mas também para aumentar substancialmente o desempenho em matéria de SST, através de acções de reengenharia de processos. A primeira abordagem assemelha-se à metodologia assente no mapa DMAIC, enquanto que a segunda, assume uma orientação metodológica de DFSS. O termo “defeito de segurança/saúde” é utilizado, no âmbito do *Six Sigma Safety*, para designar uma situação de não conformidade com um requisito de SST ou uma situação de incidente de trabalho.

- A *Lockheed Martin Corporation* (2004) adopta uma metodologia, denominada por *LM21 Path to Excellence*, que se encontra dirigida para uma abordagem semelhante ao *Lean Six Sigma*, onde, na verdade, predomina a utilização de técnicas e ferramentas oriundas do *Lean Management*. Lesões e doenças, causadas por um qualquer acontecimento negativo relacionado com o trabalho, constituem factores de desperdício relevantes, pois implicarão danos humanos, perdas de tempo de trabalho e perturbações no fluxo de fornecimento de bens e/ou de prestação de serviços.
- Lok *et al.* (2008) apresentam um caso de estudo em que o mapa DMAIC foi usado para reduzir a taxa de lesões ocorridas numa empresa de triagem e eliminação de resíduos australiana. Os autores salientam três conclusões desta aplicação: (1) o ciclo DMAIC constituiu uma abordagem eficaz para uma redução significativa da taxa de lesões registadas na empresa; (2) a utilização de várias técnicas e ferramentas, ao longo do DMAIC, permitiu localizar um conjunto de causas-raiz de acidentes até então desconhecidas; (3) o projecto promoveu a consciencialização do pessoal em matéria de boas práticas de SST.

As referências bibliográficas anteriores demonstram assim que o Seis Sigma, utilizado na perspectiva de metodologia, fornece a estrutura procedimental necessária para efectivar a melhoria contínua de um sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho. Essa melhoria poderá ser mais incremental, se for baseada no ciclo DMAIC, ou mais substancial, caso a melhoria se desenrole através de um dos mapas fornecidos pelo DFSS.

Franz (2009) propõe um modelo de avaliação da maturidade da gestão da segurança e saúde no trabalho de uma organização em que a metodologia Seis Sigma, assente no ciclo DMAIC, serve de base à definição, implementação e monitorização da eficácia de medidas que melhorem o nível de maturidade. Na figura 4.11 representa-se o modelo sugerido pelo autor.

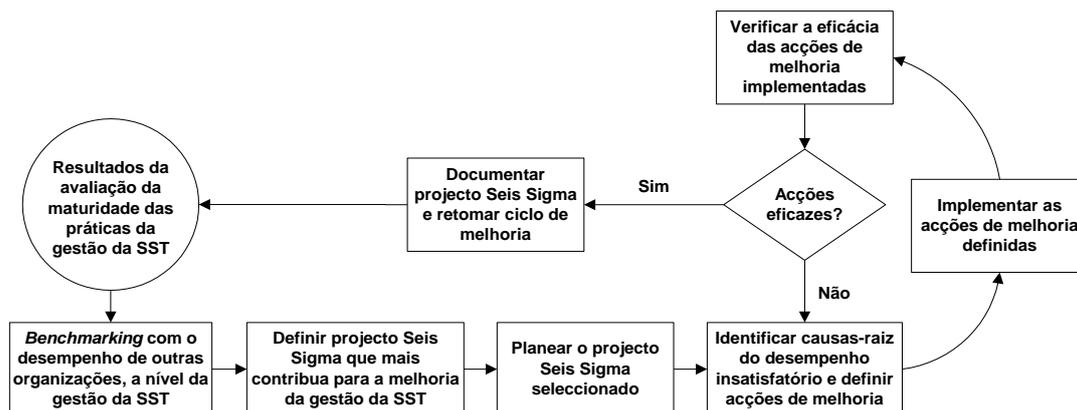


Figura 4.11 – Modelo para a melhoria da maturidade da gestão da SST com base no mapa DMAIC da metodologia Seis Sigma (adaptado de: Franz, 2009).

Para além da sua contribuição para efectivar a melhoria contínua de um sistema de gestão da SST, o Seis Sigma fornece também um conjunto completo e abrangente de métricas que permitem quantificar os níveis de desempenho em matéria de SST (Janicak, 2003). Na verdade, tanto o sistema de medição do desempenho como a utilização estruturada de técnicas e ferramentas,

inerentes à execução de um projecto Seis Sigma, permitem a recolha, tratamento, análise e interpretação de dados, fornecendo, desse modo, um suporte muito importante para gerir e tomar decisões com base em factos (Rancour e McCracken, 2000; Janicak, 2003).

ReVelle (2004) desenvolveu a expressão matemática 4.1, que permite determinar o “número de acidentes por milhão de oportunidades”, o equivalente ao “número de defeitos por milhão de oportunidades” que pode ser obtido a partir da aplicação da equação 2.18 desta tese. No caso da métrica sugerida pelo autor, que designaremos por *APMO*, ela pode ser calculada de forma idêntica, sendo, contudo, necessário contextualizar a terminologia.

$$APMO = \frac{\text{\# total de acidentes no período de tempo}}{\text{\# trabalhadores no local de trabalho} \times \text{\# horas de trabalho no período de tempo}} \times 10^6 \quad (4.1)$$

Num contexto de SST, o termo “defeito” é substituído por “acidente” que, segundo a terminologia do referencial OHSAS 18001, é um acontecimento ou conjunto de acontecimentos que resulta numa lesão, afecção da saúde ou morte. A métrica da equação 4.1 é também, e segundo ReVelle (2004), equivalente à taxa de acidentes verificada no local de trabalho, num determinado período de tempo, por milhão de horas de trabalho.

4.5.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a OHSAS 18001

As sinergias e benefícios que podem advir da integração entre o Seis Sigma e o referencial OHSAS 18001 são semelhantes aos descritos para o caso das normas ISO 9001 e ISO 14001, salvaguardando as devidas especificidades. As propostas de integração desenvolvidas nas duas subsecções seguintes, voltam a adoptar o Seis Sigma numa perspectiva de sistema de gestão, a qual engloba também as perspectivas de metodologia e de métrica. As propostas de integração envolvem dois tópicos fundamentais:

- 1) Desenvolvimento de linhas de orientação, enquadradas na estrutura do ISO Guide 72, para tirar partido das sinergias existentes entre as actividades que podem ser desenvolvidas no seio de um programa/sistema Seis Sigma e os requisitos contidos nas cláusulas e subcláusulas da norma OHSAS 18001.
- 2) Articulação entre as actividades inerentes às várias fases do ciclo de vidas dos projectos Seis Sigma, desde a sua identificação até ao período de pós-projecto, com as cláusulas e subcláusulas da OHSAS 18001.

4.5.2.1. Integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001 com base na estrutura do ISO Guide 72

Nesta secção propõem-se várias linhas de orientação para integrar, consistente e sistematicamente, os requisitos constantes das cláusulas e subcláusulas da norma OHSAS 18001 com o Seis Sigma. O Seis Sigma continua a ser abordado na perspectiva de sistema de gestão. No modelo de integração proposto, a estrutura do ISO Guide 72 é utilizada como plataforma que permite organizar as múltiplas

linhas de orientação apresentadas. O quadro 4.17 enquadra as cláusulas e subcláusulas do referencial OHSAS 18001 nos assuntos principais e elementos comuns contemplados no ISO Guide 72.

Quadro 4.17 – Quadro resumo do modelo proposto para integrar o Seis Sigma com as cláusulas e subcláusulas da norma OHSAS 18001, utilizando a estrutura do ISO Guide 72:2001.

Assuntos principais comuns ISO Guide 72	Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Linhas de orientação para integração com o Seis Sigma
Política.	Política e princípios.	4.1, 4.2	Apêndice VII.1
Planeamento.	Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas.	4.3.1, 4.3.2	Apêndice VII.2
	Seleção de questões importantes a serem abordadas.	4.3.1, 4.3.2	Apêndice VII.2
	Definição de objectivos e metas.	4.3.3	Apêndice VII.2
	Identificação de recursos.	4.4.1	Apêndice VII.2
	Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades.	4.4.1	Apêndice VII.2
	Planeamento dos processos operacionais.	4.4.6	Apêndice VII.2
	Preparação de contingência para eventos previsíveis.	4.4.7	Apêndice VII.2
Implementação e operação.	Controlo operacional.	4.4.6	Apêndice VII.3
	Gestão de recursos humanos.	4.4.2	Apêndice VII.3
	Gestão de outros recursos.	4.4.1	Apêndice VII.3
	Documentação e seu controlo.	4.4.4, 4.4.5, 4.5.4	Apêndice VII.3
	Comunicação.	4.4.3.1, 4.4.3.2	Apêndice VII.3
	Relacionamento com fornecedores e subcontratados.	4.4.6	Apêndice VII.3
Avaliação de desempenho.	Monitorização e medição.	4.5.1, 4.5.2	Apêndice VII.4
	Análise e tratamento de não conformidades.	4.5.3.1, 4.5.3.2	Apêndice VII.4
	Auditorias ao sistema.	4.5.5	Apêndice VII.4
Melhoria.	Ações correctivas.	4.5.3.1, 4.5.3.2	Apêndice VII.5
	Ações preventivas.	4.5.3.1, 4.5.3.2	Apêndice VII.5
	Melhoria contínua.	4.2, 4.6	Apêndice VII.5
Revisão pela gestão.	Revisão pela gestão.	4.6	Apêndice VII.6

As linhas de orientação, propostas nesta tese, para integrar o Seis Sigma com a norma OHSAS 18001 são enunciadas nos apêndices que se encontram indicados na coluna, mais à direita, do quadro 4.17. As linhas de orientação foram desenvolvidas para serem aplicáveis no contexto de uma organização, independentemente da sua dimensão e dos sectores de actividade em que actue ou desenvolva negócio, que deseje implementar, manter e melhorar um sistema global de gestão que integre um sistema/programa Seis Sigma e um sistema de gestão da SST, alicerçado na norma OHSAS 18001.

4.5.2.2. Enquadramento das cláusulas da OHSAS 18001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma

O modelo ilustrado na figura 4.12 permite articular as diferentes fases associadas ao ciclo de vida dos projectos Seis Sigma com as cláusulas/subcláusulas do referencial normativo de gestão da segurança e saúde no trabalho OHSAS 18001. À semelhança do que aconteceu com os referenciais ISO 9001 e ISO 14001, este modelo contém um conjunto de cláusulas/subcláusulas, indicadas na parte inferior do diagrama, que representam processos de carácter transversal e de suporte às actividades que são desenvolvidas no seio do modelo.

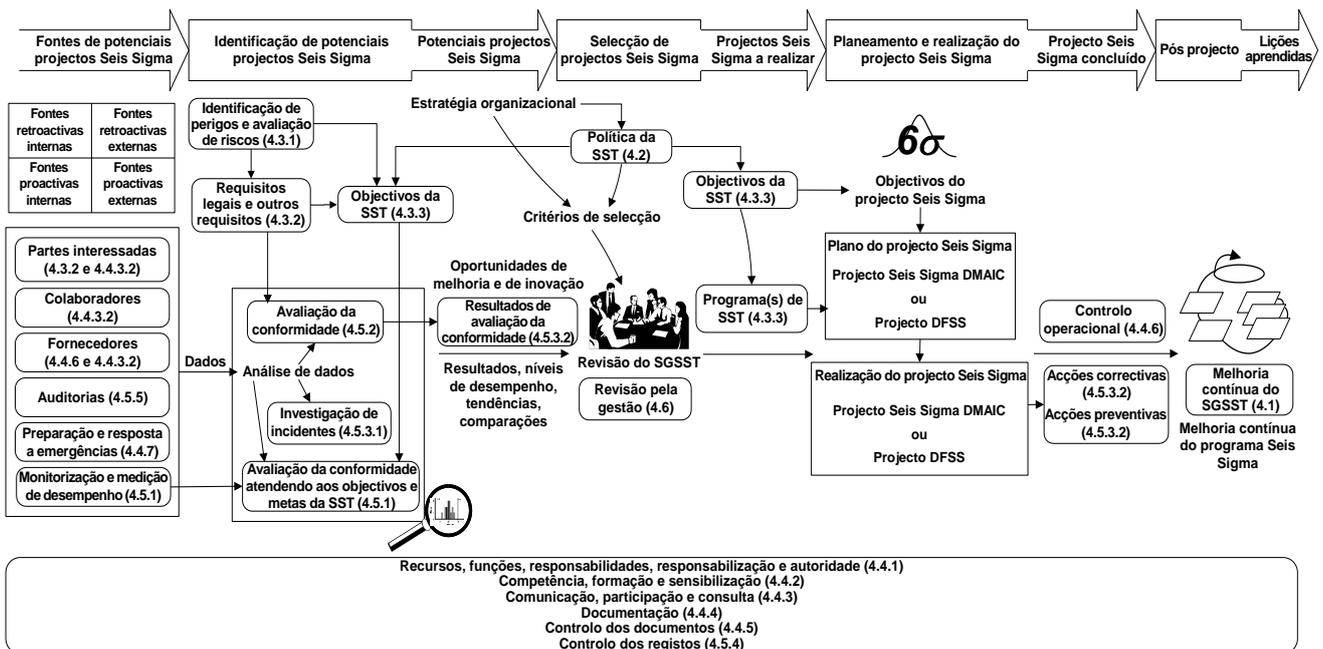


Figura 4.12 – Enquadramento das cláusulas/subcláusulas da OHSAS 18001 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.

4.5.2.2.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma

Num contexto de integração com um sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho, os potenciais projectos Seis Sigma, nessa área, poderão abranger âmbitos tão diversos, como aqueles exemplificados de seguida:

- Reduzir o valor dos indicadores “dias perdidos” e “dias debitados”, que reflectem os dias de ausência ao trabalho em virtude da ocorrência de acidentes.
- Reduzir a taxa de frequência de acidentes profissionais numa determinada área de trabalho.
- Diminuir o tempo de exposição dos colaboradores a situações que representem perigo para a sua segurança e saúde no trabalho. Redução da necessidade de trabalho com exposição a radiações ionizantes, de trabalho em altura ou em valas profundas, são disso exemplo.
- Aumentar a capacidade da organização em cumprir os requisitos legais relativos à segurança no trabalho e saúde ocupacional.
- Reduzir o tempo de resposta necessária para acudir/responder a uma situação de emergência.

A realização bem sucedida de projectos Seis Sigma nas áreas da segurança no trabalho e da saúde ocupacional deverá, assim, contribuir para a melhoria contínua do SGSST. A identificação de potenciais projectos tem início com a análise dos dados provenientes deste sistema de gestão. As seguintes categorias de fontes de dados e respectivas subcláusulas da OHSAS 18001 assumem, neste contexto, um papel relevante para a identificação de possíveis projectos Seis Sigma:

- Dados constantes de requisitos formalizados por partes interessadas, com funções de carácter legal e regulamentar (4.3.2).
- Dados com origem noutras partes interessadas externas (4.4.3.2), decorrentes de participação e consulta.
- Dados com origem nos colaboradores (subcláusula 4.4.3.2).
- Dados provenientes de e relativos a fornecedores, incluindo os subcontratados (subcláusulas 4.4.6 e 4.4.3.2).
- Dados relativos à capacidade de preparação e resposta a situações de emergência (subcláusula 4.4.7).
- Dados provenientes da monitorização e medição da SST (subcláusula 4.5.1).
- Dados resultantes da realização de auditorias (subcláusula 4.5.5).

O quadro 4.18 detalha exemplos de cada uma destas categorias de fontes, enquadrando-os nos quatro quadrantes descritos na secção 2.5.1, do capítulo 2. Os dados quantitativos e/ou qualitativos, provenientes dessas categorias de fontes podem ser tratados, analisados e interpretados, recorrendo ao auxílio de técnicas e ferramentas apropriadas, de modo a:

- Determinar e avaliar os níveis de desempenho da segurança e saúde no trabalho da organização.
- Verificar se os resultados e os níveis de desempenho alcançados cumprem os requisitos legais e outros requisitos da SST, subscritos pela organização. Esta “avaliação da conformidade” corresponde aos requisitos contidos na subcláusula 4.5.2 da OHSAS 18001.
- Averiguar o grau e a abrangência do cumprimento dos objectivos da SST estabelecidos face aos resultados e níveis de desempenho alcançados. Esta é uma das actividades que decorre do cumprimento dos requisitos inseridos na subcláusula 4.5.1 da OHSAS 18001, referente à “monitorização e medição”.
- Recolher factos e evidências, analisando os respectivos resultados decorrentes da ocorrência de incidentes.
- Comparar os resultados e níveis de desempenho da organização, em matéria de SST, com os atingidos por outras organizações.
- Determinar a situação actual e compreender tendências e padrões evolutivos relativamente ao desempenho global da organização em matéria de SST, aos custos incorridos por ocorrência de acidentes, às exigências legais e regulamentares na área da SST, aos equipamentos e tecnologias e suas possibilidades na redução dos riscos da SST, entre outros parâmetros e contextos de envolvente interna e externa, cujo acompanhamento de tendências possa ser relevante.

Quadro 4.18 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir das cláusulas/subcláusulas da norma OHSAS 18001.

	Fontes com origem interna	Fontes com origem externa
Fontes retroactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Valores dos KPIs relativos à gestão de recursos humanos (4.4.2). • Informação de retorno dos colaboradores, decorrente do processo de participação e consulta (4.4.3.2). • Relatórios de ocorrência de situações de emergência a nível da SST (4.4.7). • Resultados periódicos de verificações de segurança às actividades e operações nos postos de trabalho (4.5.1). • Cartas de controlo relativas à medição e monitorização dos índices estatísticos de risco da SST (4.5.1). • Valores dos KPIs de gestão da SST relativos aos controlos operacionais (4.5.1). • Valores dos KPIs de gestão da SST para monitorizar a concretização dos objectivos da SST (4.5.1). • Valores dos KPIs de gestão da SST para verificar o cumprimento dos requisitos legais e de outros requisitos da SST (4.5.1). 	<ul style="list-style-type: none"> • Diplomas legais, directivas, regulamentos e/ou normas publicados, relativos à área da SST (4.2.2). • Resultados de acções de monitorização e controlo, realizadas por entidades externas, em matéria de SST (4.4.6). • Resultados da avaliação e selecção periódica dos fornecedores e subcontratados, atendendo à sua capacidade em cumprir os requisitos legais e outros requisitos da SST aplicáveis (4.4.6). • Reclamações e manifestações de insatisfação de partes interessadas relativamente a incumprimentos dos requisitos e/ou boas práticas de SST por parte da organização (4.5.1). • Estudos de entidades externas, com dados sobre o desempenho da organização, bem como de outras empresas do sector, em matérias de SST (4.5.1).
Fontes proactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Sugestões e ideias dos colaboradores sobre soluções que minimizem os riscos associados aos perigos da SST (4.4.3.2). • Sessões de <i>brainstorming</i> junto dos colaboradores, em especial daqueles envolvidos na concepção e desenvolvimento, com vista à geração de ideias para novos produtos que se diferencie pelos atributos de segurança para os utilizadores e outras partes interessadas (4.4.3.2). • Resultados de questionários provenientes do processo de participação e consulta aos colaboradores (4.4.3.2). • Resultados de simulacros realizados para testar o plano de preparação e resposta a emergências adoptado (4.4.7). • Resultados de auditorias internas ao SGSST, em particular não conformidades e oportunidades de melhoria (4.5.5). 	<ul style="list-style-type: none"> • Diplomas legais, directivas, regulamentos e/ou normas, na área da SST, em fase de projecto e, por isso, ainda não publicados (4.3.2). • Sugestões de visitantes, subcontratados e de outras partes interessadas, decorrentes do processo de participação e consulta (4.4.3.2). • Auditorias de SST de segunda parte realizadas em nome da organização a fornecedores e subcontratados (4.4.6). • <i>Benchmarking</i> competitivo relativo à comparação do desempenho da SST atingido pela organização com o desempenho alcançado por empresas concorrentes (4.5.1). • Resultados de auditorias externas ao SGSST, de segunda e terceira partes (4.5.5).

A informação resultante da análise dos dados, após ser compilada, avaliada, cruzada e contextualizada no negócio e na estratégia da organização, conduzirá à identificação de oportunidades de melhoria e/ou de inovação na área da SST, permitindo, por sua vez, aos *Sponsors* da organização identificar e propor potenciais projectos Seis Sigma. Cada potencial projecto Seis Sigma deve ser acompanhado de uma ficha de Declaração de Projecto.

4.5.2.2.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma

Na revisão pela gestão (cláusula 4.6), são tomadas decisões estratégicas que devem concorrer para a melhoria contínua do SGSST (SGS Portugal, 2008). A selecção de projectos Seis Sigma é também um processo de natureza estratégica, pelo que a revisão pela do SGSST é o evento ideal para analisar as oportunidades de melhoria e/ou de inovação para, com base em critérios pré-definidos, avaliar os potenciais projectos Seis Sigma propostos e seleccionar os mais promissores. O processo de selecção de projectos Seis Sigma, descrito na figura 4.10 e que decorre ao longo de três fases, é facilmente contextualizável para os casos em que a integração se refere a um SGSST.

4.5.2.2.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma

Antes de ser executado, cada projecto Seis Sigma seleccionado necessita de ser planeado, devendo ser revisto e actualizado durante as revisões intermédias do projecto. O planeamento deve garantir o alinhamento entre os objectivos do projecto e os objectivos da SST, estabelecidos pela organização. A definição e calendarização das actividades a desenvolver durante o projecto Seis Sigma, juntamente com a atribuição de papéis e responsabilidades pelos membros da equipa de projecto devem também ser efectuadas. A atribuição de papéis e responsabilidades deve ser coerente com as responsabilidades e autoridades definidas no seio do SGSST (subcláusula 4.4.1). O planeamento deve ainda assegurar que a integridade do sistema de gestão ambiental é mantida, quando forem introduzidas alterações ao sistema decorrentes da realização do projecto Seis Sigma.

As actividades estabelecidas e calendarizadas, na fase de planeamento, deverão permitir que os objectivos do projecto Seis Sigma sejam alcançados e, conseqüentemente, os objectivos da SST a eles associados. Assim, e atendendo à subcláusula 4.3.3 da OHSAS 18001, pode concluir-se que o plano de um projecto Seis Sigma nesta área, equivale, na prática, a um programa de gestão da SST.

No decurso da realização de um projecto Seis Sigma na área da SST, independentemente da vertente metodológica adoptada, são definidas acções correctivas e/ou preventivas (subcláusula 4.5.3.2) que contribuirão para a melhoria contínua do SGSST. Em projectos assentes no mapa DMAIC, as soluções de melhoria definidas na fase de *Improve* correspondem, sobretudo, a acções correctivas que eliminem ou mitiguem a(s) causa(s) de uma não conformidade ou de um incidente. A definição de acções preventivas também pode ocorrer no DMAIC, mas é mais frequente em projectos de DFSS.

Na fase de *Control* do DMAIC devem ser planeadas e implementadas acções de controlo operacional (subcláusula 4.4.6) que assegurem que os novos procedimentos, decorrentes das acções correctivas e preventivas estabelecidas anteriormente, são adoptados de forma sistemática e que os níveis de desempenho pretendidos, a nível da SST, sejam alcançados e mantidos.

4.5.2.2.4. Pós-projecto Seis Sigma

O pós-projecto envolve a avaliação da eficácia de cada projecto Seis Sigma realizado, a reflexão acerca dos aspectos positivos e negativos que aconteceram no desenrolar do projecto (Anbari *et al.*, 2008) e a transferência do conhecimento acumulado e lições aprendidas ao longo desse mesmo

projecto (Tukel *et al.*, 2008). Num contexto de integração, a aprendizagem decorrente deste processo potencia também a melhoria contínua do sistema de gestão da SST, do programa Seis Sigma e da articulação entre ambos.

4.6. Integração do Seis Sigma com o referencial ISO/IEC 17025

4.6.1. Introdução

O referencial normativo internacional ISO/IEC 17025 descreve os requisitos que os laboratórios de ensaio e calibração têm de cumprir, no sentido de demonstrarem que são capazes de gerir eficazmente o seu sistema de qualidade e que são tecnicamente competentes e capazes de produzir resultados tecnicamente válidos. A primeira versão da norma ISO/IEC 17025 foi publicada em 1999 e resultou da experiência acumulada de práticas profissionais e experiências de laboratórios na Europa (norma EN 45001) e no resto do mundo (guia ISO/IEC Guide 25). Em 2005 foi publicada uma nova versão da ISO/IEC 17025, onde foram adicionadas ou revistas, sempre que necessário, as cláusulas/subcláusulas aí contidas, de modo a assegurar um adequado alinhamento com a versão de 2000 da norma ISO 9001. As propostas de integração com o Seis Sigma aqui descritas aplicam-se à versão da ISO/IEC 17025 publicada em 2005.

Os requisitos da norma ISO/IEC 17025 estão organizados em torno de duas grandes secções:

- Requisitos de gestão, contidos na secção 4 da norma, onde se incluem aqueles relacionados com a organização do sistema de qualidade, controlo de documentos e registos, auditorias internas, tratamento de não conformidades, revisão pela gestão, entre outros.
- Requisitos técnicos, contidos na secção 5 da norma, tais como os relativos à competência técnica do pessoal, às instalações e condições ambientais, aos equipamentos e métodos de ensaio, entre outros.

A literatura disponível, que procura estudar a integração do Seis Sigma com a norma ISO/IEC 17025, é muito escassa, sendo que, mesmo aquela que aborda a temática, fá-la de uma forma muito superficial. Destacam-se neste domínio os artigos de Christian e Drilling (2010) e Hacham e Sheinman (2003). Os segundos autores sugerem a utilização da abordagem metodológica DMAIC para melhorar a eficácia e/ou a eficiência dos processos laboratoriais, enquanto que os primeiros demonstram a utilização do Seis Sigma, também numa perspectiva metodológica, num laboratório forense cujo sistema de qualidade foi implementado de acordo com a ISO/IEC 17025.

4.6.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a ISO/IEC 17025

À semelhança dos três referenciais de gestão normativos anteriores, que podem ser utilizados para efeitos de certificação, é também possível e vantajoso integrar o Seis Sigma, na perspectiva de

sistema de gestão, com um referencial utilizado para efeitos de acreditação, como é o caso da norma ISO/IEC 17025. As propostas de integração envolvem os dois tópicos seguintes:

- 1) Desenvolvimento de linhas de orientação, enquadradas na estrutura do ISO Guide 72, para tirar partido das sinergias existentes entre as actividades que podem ser desenvolvidas no seio de um programa/sistema Seis Sigma e os requisitos contidos nas cláusulas e subcláusulas da norma ISO/IEC 17025.
- 2) Articulação entre as actividades inerentes às várias fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, desde a sua identificação até ao período de pós-projecto, com as cláusulas e subcláusulas da ISO/IEC 17025.

4.6.2.1. Integração entre a ISO/IEC 17025 e o Seis Sigma com base na estrutura do ISO Guide 72

Nesta secção propõe-se um conjunto amplo de linhas de orientação que têm o objectivo de permitir integrar, de forma consistente e sistemática, os requisitos constantes das cláusulas e subcláusulas da norma ISO/IEC 17025 com o sistema Seis Sigma. As linhas de orientação são enquadradas na estrutura do ISO Guide 72. O quadro 4.19 associa as cláusulas e subcláusulas da ISO/IEC 17025 com os assuntos principais e elementos comuns indicados no ISO Guide 72. As linhas de orientação propostas na tese, com vista a permitir integrar o Seis Sigma com o referencial ISO/IEC 17025, são descritas, em pormenor, nos apêndices indicados na coluna, mais à direita, do quadro 4.22.

4.6.2.2. Enquadramento das cláusulas da ISO/IEC 17025 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma

O modelo representado na figura 4.13 permite articular as diferentes fases, associadas ao ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, com as cláusulas/subcláusulas do referencial normativo ISO/IEC 17025, utilizado no âmbito da acreditação de laboratórios de ensaio e calibração.

4.6.2.2.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma

Os potenciais projectos Seis Sigma, quando desenvolvidos no âmbito das actividades acreditadas ou a acreditar de um laboratório de realização de ensaios e/ou calibrações, podem incidir sobre aspectos tão diversos, como os seguintes:

- Diminuir o tempo de emissão de relatórios de ensaio ou de certificados de calibração, minimizando a variabilidade inerente a esse tempo de emissão.
- Reduzir o desperdício de reagentes e de outros consumíveis necessário para a realização dos ensaios.
- Reduzir a taxa de trabalho de ensaios e/ou calibração não conforme.
- Aumentar a uniformização de trabalho e de critérios entre o pessoal técnico envolvido na realização dos ensaios e/ou calibrações.

Quadro 4.19 – Quadro resumo do modelo proposto para integrar o Seis Sigma com as cláusulas e subcláusulas da norma ISO/IEC 17025, utilizando a estrutura do ISO Guide 72:2001.

Assuntos principais comuns ISO Guide 72	Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Linhas de orientação para integração com o Seis Sigma
Política.	Política e princípios.	4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4, 4.1.5 e) f), 4.2.1, 4.2.3,	Apêndice VIII.1
Planeamento.	Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas.	4.1.5 c), 4.2.1, 4.2.2, 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5, 5.4, 5.10	Apêndice VIII.2
	Seleção de questões importantes a serem abordadas.	4.1.2, 4.1.3, 4.2.1, 4.2.2, 4.4.1, 4.4.3, 5.4	Apêndice VIII.2
	Definição de objectivos e metas.	4.2.2	Apêndice VIII.2
	Identificação de recursos.	4.4.1, 4.7, 4.10 5.4.2, 5.4.3, 5.4.4. 5.10.1	Apêndice VIII.2
	Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades.	4.1.5 a) e) i) f) h), 4.2.6, 4.11,1	Apêndice VIII.2
	Planeamento dos processos operacionais.	4.2.1	Apêndice VIII.2
	Preparação de contingência para eventos previsíveis.	4.9	Apêndice VIII.2
Implementação e operação.	Controlo operacional.	4.6, 5.1, 5.4, 5.5, 5.6, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10	Apêndice VIII.3
	Gestão de recursos humanos.	5.2.1, 5.2.2, 5.2.5, 5.5.3	Apêndice VIII.3
	Gestão de outros recursos.	4.1.3, 5.3, 5.4.7.2, 5.5, 5.6	Apêndice VIII.3
	Documentação e seu controlo.	4.2.2, 4.2.5, 4.3, 4.13	Apêndice VIII.3
	Comunicação.	4.1.6	Apêndice VIII.3
	Relacionamento com fornecedores e subcontratados.	4.5, 4.6	Apêndice VIII.3
Avaliação de desempenho.	Monitorização e medição.	4.2.2, 4.5, 4.7, 4.10, 5.5.2, 5.5.9, 5.8.3, 5.8.4, 5.9	Apêndice VIII.4
	Análise e tratamento de não conformidades.	4.9	Apêndice VIII.4
	Auditorias ao sistema.	4.11.5, 4.14	Apêndice VIII.4
Melhoria.	Acções correctivas.	4.11.1, 4.11.2, 4.11.3, 4.11.4	Apêndice VIII.5
	Acções preventivas.	4.12	Apêndice VIII.5
	Melhoria contínua.	4.10	Apêndice VIII.5
Revisão pela gestão.	Revisão pela gestão.	4.15	Apêndice VIII.6

4. Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão

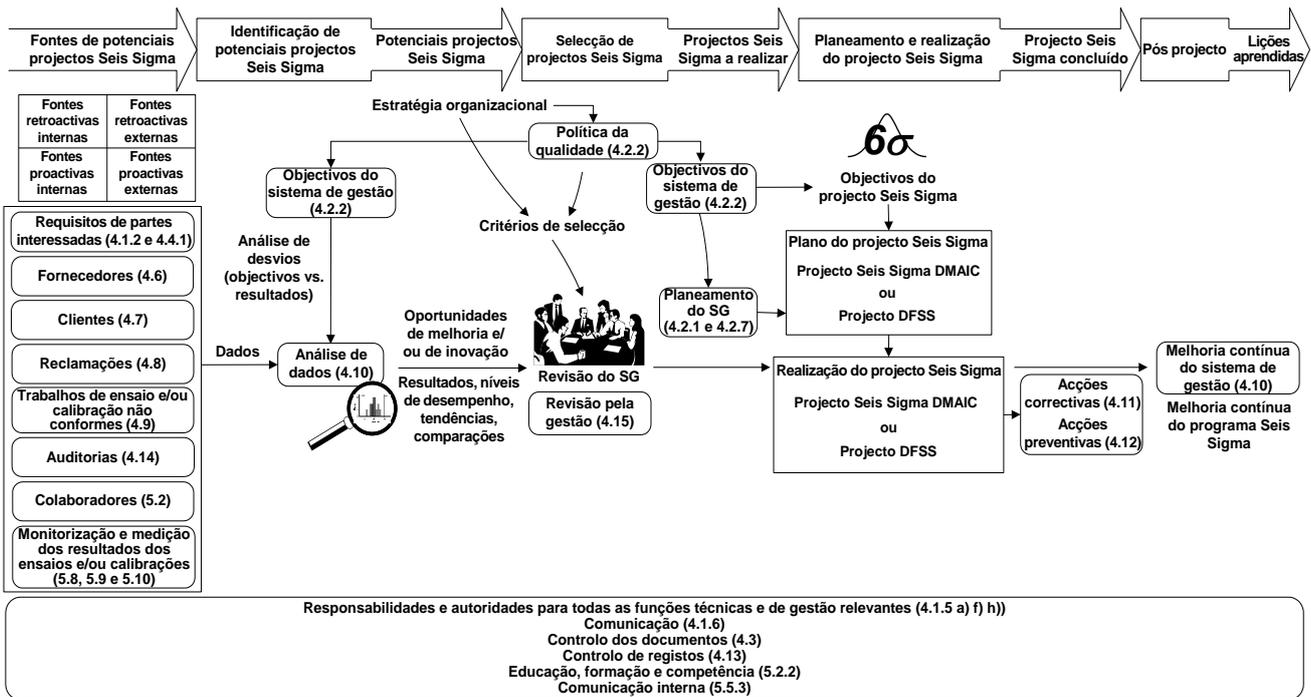


Figura 4.13 – Enquadramento das cláusulas/subcláusulas da ISO/IEC 17025 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.

A realização bem sucedida deste tipo de projectos Seis Sigma contribuirá para a melhoria contínua do sistema de gestão baseado no referencial ISO/IEC 17025. Tipicamente, num contexto de integração, o âmbito dos projectos Seis Sigma tende a incidir na melhoria da eficácia e eficiência dos processos do laboratório, na melhoria incremental ou substancial dos serviços prestados, ou mesmo na concepção e desenvolvimento de novos serviços de ensaio e/ou calibração.

A identificação de potenciais projectos Seis Sigma inicia-se com a recolha e a análise de um conjunto relevante de dados oriundos do sistema de gestão do laboratório. Esses dados podem ser agrupados em torno de categorias de fontes de dados, que se encontram associadas a cláusulas/subcláusulas do referencial ISO/IEC 17025. No contexto desta norma, as seguintes categorias de fontes de dados podem ter um papel relevante para a identificação de possíveis projectos Seis Sigma:

- Dados constantes de requisitos formalizados por partes interessadas, com funções de carácter legal e regulamentar, aplicáveis à área de actividades do laboratório, acreditadas ou a acreditar (subcláusulas 4.1.2 e 4.4.1).
- Dados provenientes de e relativos a fornecedores, incluindo os subcontratados (cláusula 4.6).
- Dados referentes à satisfação/percepção dos clientes (cláusula 4.7).
- Dados provenientes de reclamações, formais ou informais, de clientes ou de outras partes interessadas (cláusula 4.8).
- Dados relativos à ocorrência de trabalhos de ensaio/calibração não conformes (cláusula 4.9).
- Dados resultantes da realização de auditorias (cláusula 4.14).
- Dados com origem nos colaboradores (cláusula 5.2).

- Dados sobre a monitorização e medição dos resultados dos ensaios e/ou calibrações (cláusulas 5.8, 5.9 e 5.10), que, numa perspectiva de gestão pela qualidade total, deverão abranger não apenas os processos de realização dos ensaios/calibrações, como também os processos de gestão e de suporte do SG do laboratório.

No quadro 4.20 apresentam-se exemplos referentes a cada uma das categorias de fontes de dados indicadas. Geralmente, os dados em bruto, provenientes do sistema de gestão, ainda não permitem ao laboratório identificar potenciais projectos Seis Sigma. Para isso, necessitam primeiro de ser tratados, analisados e interpretados, recorrendo, desejavelmente, à utilização de técnicas e ferramentas apropriadas. Essa análise de dados permitirá, entre outros:

- Determinar e avaliar os níveis de desempenho das actividades técnicas, relacionadas com os ensaios e/ou calibrações, e das actividades de gestão, ambas as vertentes englobadas no sistema de gestão do laboratório.
- Verificar se os resultados e os níveis de desempenho alcançados cumprem os requisitos dos clientes, das entidades legais e regulamentares, bem como os de outras partes interessadas.
- Averiguar o grau e a abrangência do cumprimento dos objectivos do sistema de gestão estabelecidos, face aos resultados e níveis de desempenho alcançados.
- Comparar os resultados e níveis de desempenho do laboratório, no que respeita aos indicadores de cariz técnico e de gestão, com os atingidos por outros laboratórios.
- Compreender tendências e padrões evolutivos relativamente a: desempenho global do sistema de gestão, capacidade técnica demonstrada no cumprimento dos requisitos aplicáveis à realização dos ensaios e/ou calibrações, qualidade dos serviços de apoio prestados aos clientes, custos incorridos por não conformidades na realização de ensaios e/ou calibrações, conteúdos em matéria legal e regulamentar, entre outros parâmetros e contextos de envolvente interna e externa, cujo acompanhamento de tendências possa ser relevante.

A informação daqui resultante deverá, em princípio, permitir ao laboratório identificar oportunidades de melhoria e/ou oportunidades de inovação relevantes, que poderão ser concretizadas através do desenvolvimento de projectos Seis Sigma. Desse modo, estar-se-á a contribuir para a melhoria contínua do sistema de gestão do laboratório. Este procedimento está em linha com o recomendado pelo IPAC (2010), o qual afirma que os esforços de melhoria contínua podem ser implementados com base em projectos. Os potenciais projectos Seis Sigma, propostos pelo(s) *Sponsor(s)* do laboratório, devem ser acompanhados das respectivas fichas de Declaração de Projecto.

4.6.2.2.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma

Pela sua natureza estratégica, por ser conduzido pela gestão de topo do laboratório, ou ainda devido ao facto de envolver a análise de oportunidades de melhoria, o processo de revisão pela gestão (cláusula 4.15 da ISO/IEC 17025) é a entidade ideal para proceder à avaliação do leque de potenciais projectos Seis Sigma e à selecção dos mais promissores, com base num conjunto pré-definido de critérios.

Quadro 4.20 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir das cláusulas/subcláusulas da norma ISO/IEC 17025.

	Fontes com origem interna	Fontes com origem externa
Fontes retroactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Dados relativos ao registo e tratamento de não conformidades na realização e/ou resultados dos ensaios e/ou calibrações (4.9). • Valores dos KPIs relativos à gestão de recursos humanos (5.2). • Resultados decorrentes de actividades de supervisão técnica (5.2). • Valores dos KPIs relativos à eficiência dos processos do SG do laboratório (5.8, 5.9 e 5.10). • Valores dos KPIs relativos à capacidade dos processos, de ensaio e/ou calibração em cumprirem os requisitos aplicáveis (5.8, 5.9 e 5.10). • Valores dos KPIs relativos ao rendimento dos processos do SG do laboratório (5.8, 5.9 e 5.10). • Dados constantes de relatórios de ensaios e/ou calibrações efectuadas (5.8, 5.9 e 5.10). • Dados constantes de registos, obtidos a partir de actividades de medição e monitorização dos processos do laboratório, incluindo os de ensaio e/ou calibração (5.8, 5.9 e 5.10). 	<ul style="list-style-type: none"> • Normas e diplomas legais e regulamentos publicados, aplicáveis à área de actividades do laboratório, acreditadas ou a acreditar (4.1.2 e 4.4.1). • Resultados de acções de verificação ou inspecção aos produtos comprados (4.6). • Resultados da avaliação e selecção periódica dos fornecedores de produtos e serviços (4.6). • Informação de retorno dos clientes, ou representantes seus, no decurso do seu acompanhamento da realização dos ensaios/calibrações (4.7). • Reclamações e manifestações de insatisfação de clientes, de representantes de clientes, e/ou de outras partes interessadas (4.8). • Estudos externos publicados contendo estatísticas e indicadores relativos à qualidade dos ensaios/calibrações do laboratório e/ou de outros laboratórios concorrentes (5.8, 5.9 e 5.10).
Fontes proactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados de auditorias internas ao SG, em particular não conformidades e oportunidades de melhoria (4.14). • Sugestões e ideias dos colaboradores para a melhoria do SG, incluindo a melhoria da prestação dos serviços de ensaios e/ou calibrações prestados (5.2). • Sessões de <i>brainstorming</i> junto dos colaboradores visando a geração de ideias tendo em vista a concepção e desenvolvimento de novos métodos de ensaios/calibrações (5.2). • Resultados de análises proactivas aos processos do laboratório, tais como a análise de fluxos e de tempos (5.8, 5.9 e 5.10). • Resultados de experimentações, ou testes, efectuados com objectivo de otimizar novos métodos de ensaios e/ou calibrações que se encontrem em concepção e desenvolvimento (5.8, 5.9, e 5.10). 	<ul style="list-style-type: none"> • Legislação, regulamentos e/ou normas, aplicáveis à área de actividades acreditada ou a acreditar do laboratório, em fase de projecto e, por isso, ainda não publicados (4.1.2 e 4.4.1). • Sugestões e informação de retorno de fornecedores de produtos e serviços (4.6). • Sugestões de clientes e/ou de representantes dos clientes (4.7). • Resultados de grupos focalizados, entrevistas individuais, entre outras iniciativas para determinar a percepção, necessidades e expectativas dos clientes (4.7). • Avaliação competitiva com base na opinião dos clientes (4.7). • Resultados de auditorias externas ao SG, de segunda e terceira partes (4.14). • Resultados de <i>benchmarking</i> funcional e/ou competitivo, com dados sobre o desempenho e/ou as melhores práticas do laboratório comparativamente com as de outros laboratórios de ensaios e/ou calibrações (5.8, 5.9 e 5.10).

4.6.2.2.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma

Após seleccionar o(s) projecto(s) Seis Sigma a realizar e antes de o(s) mesmo(s) ter(em) início, cada um deverá ser planeado pelo respectivo *Black Belt*, conjuntamente com os outros membros da equipa. Em cada transição de fase do mapa metodológico, utilizado na execução do projecto, ocorrerá uma revisão intermédia formal do mesmo, onde se deve proceder a uma revisão, e eventual actualização, do plano inicial do projecto. No planeamento inicial de um projecto Seis Sigma, assim como nas posteriores revisões intermédias, deve assegurar-se um estreito alinhamento entre os objectivos do projecto e os objectivos estabelecidos para o sistema de gestão.

A definição e calendarização das actividades a desenvolver ao longo do projecto Seis Sigma, juntamente com a atribuição de papéis e responsabilidades pelos membros da equipa, são outras tarefas importantes nesta fase. A atribuição de papéis e responsabilidades aos membros da equipa de projecto Seis Sigma deve, contudo, ser coerente com as responsabilidades e autoridades definidas no âmbito do sistema de gestão. Na realização do planeamento, deve ainda assegurar-se que, no decurso de eventuais alterações introduzidas no sistema de gestão, decorrentes de decisões tomadas na realização do projecto Seis Sigma, a integridade do sistema de gestão é mantida.

No decurso da realização de um projecto Seis Sigma no seio da área de actividades acreditadas e a acreditar do laboratório, independentemente de se tratar de um projecto DMAIC ou de DFSS, são definidas acções correctivas e/ou preventivas, cuja eficácia deverá ser verificada e confirmada para, assim, contribuirem para a melhoria contínua do sistema de gestão.

4.6.2.2.4. Pós-projecto Seis Sigma

O pós-projecto envolve a avaliação da eficácia de cada projecto Seis Sigma realizado, a reflexão acerca dos aspectos positivos e negativos que aconteceram no desenrolar do projecto (Anbari *et al.*, 2008) e a transferência do conhecimento acumulado e lições aprendidas ao longo desse mesmo projecto (Tukel *et al.*, 2008). Num contexto de integração, a aprendizagem, decorrente deste processo, potencia também a melhoria contínua do sistema de gestão do laboratório, do programa Seis Sigma e da articulação entre ambos.

4.7. Integração do Seis Sigma com o referencial ISO/IEC 17020

4.7.1. Introdução

O referencial normativo internacional ISO/IEC 17020 estabelece os critérios gerais para o funcionamento de vários tipos de organismos que realizam inspecções (IPAC, 2009). A secção introdutória desta norma esclarece que a mesma “abrange as funções dos organismos cuja actividade pode incluir a verificação de materiais, de produtos, de instalações, de fábricas, de processos, de procedimentos de trabalho ou de serviços, bem como a determinação da sua

conformidade com os requisitos e subsequente emissão de relatório com os resultados destas actividades para os clientes e, quando exigido, para as autoridades públicas”.

Os serviços prestados por um organismo de inspecção podem ser agrupados em torno dos seguintes tipos de actividades:

- a) Actividades de avaliação e determinação de conformidade, relativamente a requisitos pré-especificados, de um produto, serviço, processo ou fábrica.
- b) Actividades envolvendo a realização de ensaios funcionais, que constituem uma parte do serviço de inspecção.
- c) Outros serviços de apoio (marcações de inspecções, apoio telefónico ao cliente, entre outros), que constituem uma parte inerente ao serviço de inspecção.

Da pesquisa feita, não foi encontrada qualquer referência bibliográfica que discutisse a integração do Seis Sigma com o referencial ISO/IEC 17020, nem que sequer ilustrasse a aplicabilidade de projectos Seis Sigma em organizações com negócio no sector das inspecções técnicas. Para preencher este vazio, serão de seguida desenvolvidas propostas relativas à integração referida.

4.7.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a ISO/IEC 17020

A abordagem à integração, aqui proposta, entre o Seis Sigma e o referencial normativo ISO/IEC 17020 adopta o Seis Sigma na perspectiva de sistema de gestão, a qual incorpora também o Seis Sigma enquanto metodologia e métrica. A integração proposta envolve os dois tópicos seguintes:

- 1) Desenvolvimento de linhas de orientação, enquadradas na estrutura do ISO Guide 72, para tirar partido das sinergias existentes entre as actividades que podem ser desenvolvidas no seio de um programa/sistema Seis Sigma e os requisitos contidos nas cláusulas e subcláusulas da norma ISO/IEC 17020.
- 2) Articulação entre as actividades inerentes às várias fases dos projectos Seis Sigma, desde a sua identificação até ao pós-projecto, com as cláusulas e subcláusulas da ISO/IEC 17020.

4.7.2.1. Integração entre a ISO/IEC 17020 e o Seis Sigma com base na estrutura do ISO Guide 72

Nesta secção são propostas linhas de orientação para integrar, consistente e sistematicamente, os requisitos constantes das cláusulas e subcláusulas da norma ISO/IEC 17020 com o sistema Seis Sigma. O quadro 4.21 enquadra as cláusulas e subcláusulas deste referencial nos assuntos principais e elementos comuns, consagrados no ISO Guide 72. O mesmo quadro indica também os apêndices onde as várias linhas de orientação propostas na tese se encontram descritas em detalhe.

Quadro 4.21 – Quadro resumo do modelo proposto para integrar o Seis Sigma com as cláusulas e subcláusulas da norma ISO/IEC 17020, utilizando a estrutura do ISO Guide 72:2001.

Assuntos principais comuns ISO Guide 72	Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Linhas de orientação para integração com o Seis Sigma
Política.	Política e princípios.	3.1, 3.2, 3.3, 3.5, 4.1, 4.2, 6.2, 7.1, 7.2, 7.5	Apêndice IX.1
Planeamento.	Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas.	3.3, 5, 7.1, 10.1, 10.5, 11.2, 13.2, 14.2	Apêndice IX.2
	Seleção de questões importantes a serem abordadas.	3.2, 3.3, 7.1, 7.2, 10.5	Apêndice IX.2
	Definição de objectivos e metas.	7.1	Apêndice IX.2
	Identificação de recursos.	6.1, 7.2, 10.1, 10.2, 10.3, 10.5	Apêndice IX.2
	Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades.	3.2, 6.2, 6.3, 6.6, 7.4	Apêndice IX.2
	Planeamento dos processos operacionais.	7.1, 7.2	Apêndice IX.2
	Preparação de contingência para eventos previsíveis.	7.8, 10.8, 11.2	Apêndice IX.2
Implementação e operação.	Controlo operacional.	9, 9.11, 10, 10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 11, 12.2, 13, 14.2, 14.3	Apêndice IX.3
	Gestão de recursos humanos.	6.4, 8.1, 8.2, 8.3, 8.4	Apêndice IX.3
	Gestão de outros recursos.	6.1, 9.1, 9.3, 9.13, 11.4	Apêndice IX.3
	Documentação e seu controlo.	7.3, 7.6, 12.1	Apêndice IX.3
	Comunicação.	7.1, 8.5, 10.5, 16	Apêndice IX.3
	Relacionamento com fornecedores e subcontratados.	9.11, 14.2, 14.3	Apêndice IX.3
Avaliação de desempenho.	Monitorização e medição.	7.1, 7.8, 9.5, 9.6, 9.9, 10.1, 10.2, 10.3, 10.6, 10.7, 11.2, 11.4, 14	Apêndice IX.4
	Análise e tratamento de não conformidades.	7.8, 10.5 c) d)	Apêndice IX.4
	Auditorias ao sistema.	7.7	Apêndice IX.4
Melhoria.	Acções correctivas.	7.8	Apêndice IX.5
	Acções preventivas.	7.8	Apêndice IX.5
	Melhoria contínua.	7.1, 7.2	Apêndice IX.5
Revisão pela gestão.	Revisão pela gestão.	7.9	Apêndice IX.6

4.7.2.2. Enquadramento das cláusulas da ISO/IEC 17020 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma

O modelo representado na figura 4.14 permite articular as diferentes fases associadas ao ciclo de vida dos projectos Seis Sigma com as cláusulas/subcláusulas do referencial normativo ISO/IEC 17020, utilizado no âmbito de acreditação de organismos de inspecção.

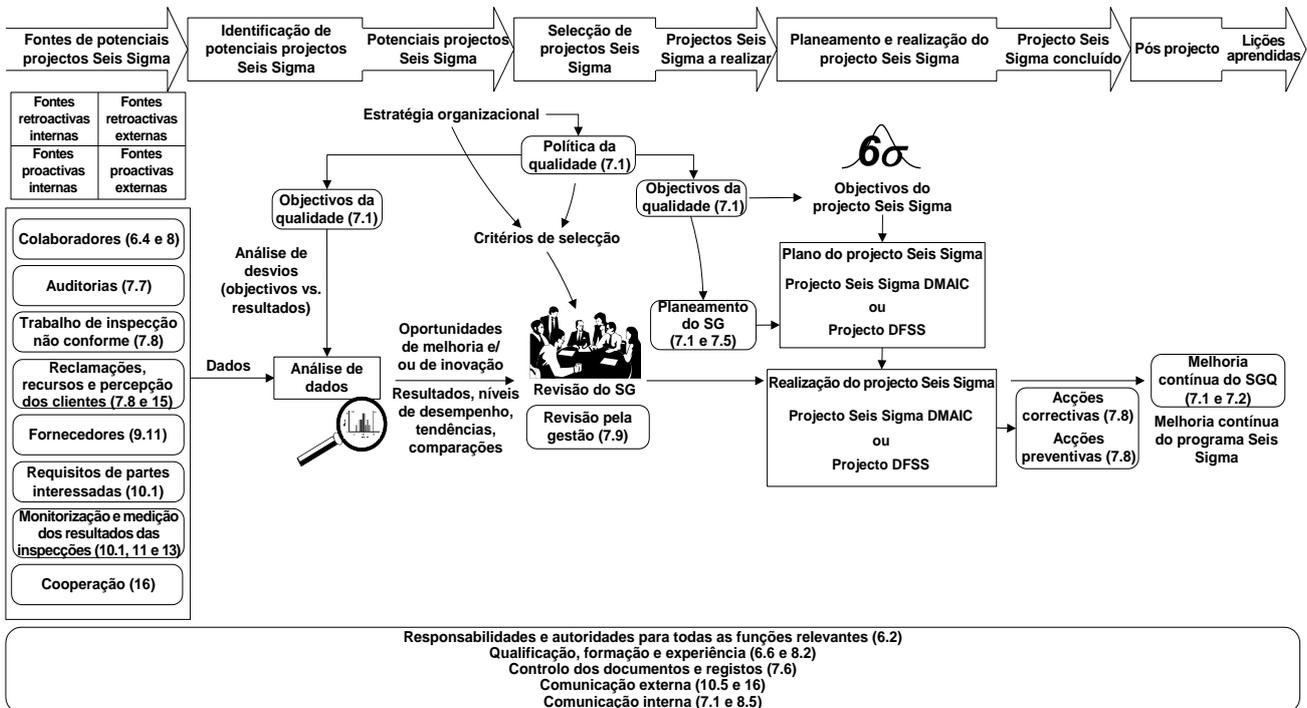


Figura 4.14 – Enquadramento das cláusulas/subcláusulas da ISO/IEC 17020 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.

4.7.2.2.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma

Os potenciais projectos Seis Sigma, desenvolvidos no âmbito das actividades acreditadas ou a acreditar de um organismo de inspecção, podem incidir sobre aspectos tão diversos como os seguintes:

- Aumentar a uniformização de critérios na avaliação da conformidade entre os diferentes inspectores (reprodutibilidade das decisões entre diferentes inspectores).
- Diminuir o tempo médio que medeia a realização da inspecção e o momento em que o respectivo certificado é emitido, minimizando a variabilidade desse tempo médio de emissão.
- Reduzir o número de situações de relatórios de inspecção com erros de preenchimento.
- Aumentar a taxa de pontualidade na comparência dos inspectores no local da inspecção.

A realização bem sucedida deste tipo de projectos Seis Sigma contribuirá para a melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade, baseado no referencial ISO/IEC 17020, do organismo de inspecção. Tipicamente, num contexto de integração, os projectos Seis Sigma tendem a incidir na melhoria da eficácia e eficiência dos processos do organismo, na melhoria incremental ou substancial dos serviços prestados, ou mesmo na concepção e desenvolvimento de novos serviços de inspecção.

A identificação de potenciais projectos Seis Sigma tem início com a análise de um conjunto de dados relevantes, oriundos do sistema de gestão da qualidade. Esses dados podem ser agrupados em torno de categorias de fontes de dados, as quais se encontram associadas a cláusulas/subcláusulas do referencial ISO/IEC 17020. As seguintes categorias de fontes podem, num contexto de integração com este referencial, ter um papel importante para a identificação de possíveis projectos Seis Sigma:

- Dados com origem nos colaboradores e relativos à sua supervisão (subcláusula 6.4 e cláusula principal 8).
- Dados resultantes da realização de auditorias (cláusula 7.7).
- Dados relativos à ocorrência de trabalhos de inspecção não conformes (cláusula 7.8).
- Dados referentes à satisfação/percepção de clientes, incluindo reclamações e recursos (cláusulas 7.8 e cláusula principal 15). A ISO/IEC 17020 alarga as reclamações e recursos a outras partes interessadas, para além dos clientes.
- Dados provenientes de e relativos a fornecedores, incluindo os subcontratados (cláusula 9.11).
- Dados constantes de requisitos formalizados por partes interessadas, com funções de carácter legal e regulamentar, aplicáveis à área de actividades acreditadas ou a acreditar do organismo de inspecção (cláusula 10.1).
- Dados sobre a monitorização e medição dos resultados dos trabalhos de inspecção (cláusulas 10.1, 11 e 13) que, numa perspectiva de gestão pela qualidade total, deverão abranger não apenas os processos de realização das inspecções, como também os processos de gestão e de suporte do SGQ do organismo de inspecção.
- Dados oriundos de actividades de cooperação e troca de experiências (cláusula principal 16).

O quadro 4.22 fornece exemplos referentes a cada uma das categorias de fontes de dados indicadas. Geralmente, os dados provenientes do sistema de gestão da qualidade não permitem ao organismo de inspecção, por si só, identificar potenciais projectos Seis Sigma. Tais dados necessitam primeiro de ser tratados, analisados e interpretados, recorrendo, desejavelmente, à utilização de técnicas e ferramentas apropriadas. Isto permitirá ao organismo de inspecção:

- Determinar e avaliar os níveis de desempenho alcançados no seio do seu sistema de gestão da qualidade, incluindo aqueles relacionados com as suas actividades de inspecção.
- Verificar se os resultados e os níveis de desempenho alcançados lhe permitem cumprir satisfatoriamente todos os requisitos dos clientes, das entidades legais e reguladoras, assim como os de outras partes interessadas.
- Averiguar o grau e a abrangência do cumprimento dos objectivos da qualidade estabelecidos, atendendo aos resultados e níveis de desempenho alcançados.
- Comparar os seus resultados e níveis de desempenho com os atingidos por outros organismos de inspecção.
- Compreender tendências e padrões evolutivos, não só no que se refere aos seus níveis de desempenho em matérias técnicas e de gestão, mas também relativamente a questões relevantes externas relacionadas com a evolução do mercado (e.g. necessidades latentes dos clientes, novas exigências legais esperadas, entre outras).

Quadro 4.22 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir das cláusulas/subcláusulas da norma ISO/IEC 17020.

	Fontes com origem interna	Fontes com origem externa
Fontes retroactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Valores dos KPIs relativos à gestão de recursos humanos (6.4 e 8). • Resultados decorrentes de actividades de supervisão técnica (6.4 e 8). • Dados relativos ao registo e tratamento de não conformidades e outras anomalias na realização dos trabalhos de inspecção (7.8). • Valores dos KPIs relativos à eficiência dos processos do SGQ do organismo de inspecção (10.1, 11 e 13). • Resultados de estudos à capacidade dos processos do SGQ do organismo de inspecção para cumprir os requisitos aplicáveis (10.1, 11 e 13). • Valores dos KPIs relativos ao rendimento dos processos do SGQ do organismo de inspecção (10.1, 11 e 13). • Dados constantes de relatórios e certificados de inspecção (10.1, 11 e 13). 	<ul style="list-style-type: none"> • Reclamações e manifestações de insatisfação de clientes e/ou de outras partes interessadas (7.8 e 15). • Resultados dos inquéritos periódicos à satisfação dos clientes (7.8 e 15). • Resultados de acções de verificação aos equipamentos de inspecção e ensaios recepcionados, que tenham sido adquiridos ou que tenham vindo de reparação (9.11). • Resultados da avaliação e selecção periódica dos fornecedores de equipamentos e produtos, bem como de prestadores de serviços (9.11). • Normas e diplomas legais e regulamentares publicados, aplicáveis à área de actividades acreditadas ou a acreditar do organismo de inspecção (10.1). • Estudos externos publicados, contendo estatísticas e indicadores relativos à qualidade das inspecções realizadas pelo organismo e/ou por organismos concorrentes (10.1, 11, 13).
Fontes proactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Sugestões e ideias dos colaboradores para a melhoria do SGQ, incluindo a melhoria da prestação dos serviços de inspecção prestados (6.4 e 8). • Sessões de <i>brainstorming</i> junto dos colaboradores com vista à geração de ideias tendo visando a concepção e desenvolvimento de novos serviços de inspecção (6.4 e 8). • Resultados de auditorias internas ao SGQ, em particular não conformidades e oportunidades de melhoria (7.7). • Resultados de experimentações, ou testes, efectuados com objectivo de otimizar métodos e procedimentos de inspecção que se encontrem em concepção e desenvolvimento (10.1, 11 e 13). • Resultados de análises proactivas aos processos do organismo de inspecção, tais como a análise de fluxos e de tempos (10.1, 11 e 13). 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados de auditorias externas ao SGQ, de segunda e terceira partes (7.7). • Sugestões de clientes e/ou de outras partes interessadas (7.8 e 15). • Resultados de grupos focalizados, entrevistas individuais, entre outras iniciativas para determinar a percepção, necessidades e expectativas dos clientes (7.8 e 15). • Sugestões e informações provenientes de fornecedores (9.11). • Legislação, regulamentos e/ou normas, aplicáveis à área de actividades acreditadas ou a acreditar do organismo de inspecção, em fase de projecto e, por isso, ainda não publicados (10.1). • Resultados de <i>benchmarking</i> funcional e/ou competitivo, com dados sobre o desempenho e/ou as melhores práticas do organismo de inspecção comparativamente com as de outros organismos (10.1, 11 e 13). • Resultados de reuniões e de outros eventos desenvolvidos no âmbito de actividades de normalização e troca de experiências com diferentes entidades externas (16).

O leque de informação, daqui resultante, fornece ao organismo de inspecção oportunidades de melhoria e/ou oportunidades de inovação, que poderão ser concretizadas através do desenvolvimento

de projectos Seis Sigma. Os potenciais projectos Seis Sigma, propostos pelo(s) *Sponsor(s)* do organismo de inspecção, devem ir acompanhados das respectivas fichas de Declaração de Projecto.

4.7.2.2.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma

Pela sua natureza estratégica, pelo facto de ser conduzida pela gestão de topo do organismo de inspecção, ou ainda pela razão de envolver a análise de oportunidades de melhoria, a revisão pela gestão (cláusula 7.9 da norma ISO/IEC 17020) constitui o processo ideal para proceder à avaliação do leque de potenciais projectos Seis Sigma propostos pelo(s) *Sponsor(s)* e, atendendo a um conjunto pré-definido de critérios, à selecção dos mais promissores.

4.7.2.2.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma

Após seleccionar o(s) projecto(s) Seis Sigma a realizar e antes de o(s) mesmo(s) ter(em) início, cada um deverá ser planeado pelo respectivo *Black Belt*, em conjunto com os outros membros da equipa de projecto. Durante as revisões intermédias do projecto, deve ser realizada uma revisão, e eventual actualização, ao seu planeamento inicial. Em quaisquer actividades de planeamento, deve sempre assegurar-se um adequado alinhamento entre os objectivos do projecto e os objectivos da qualidade estabelecidos para o sistema de gestão da qualidade.

A definição e calendarização das actividades a desenvolver, ao longo do projecto Seis Sigma, juntamente com a atribuição de papéis e responsabilidades aos membros da equipa são outras tarefas importantes a considerar no planeamento. A atribuição de papéis e responsabilidades aos elementos da equipa de projecto Seis Sigma deve, no entanto, ser coerente com as responsabilidades e autoridades definidas no seio do sistema de gestão da qualidade do organismo de inspecção. Deve ainda assegurar-se que, na sequência de eventuais alterações introduzidas no sistema de gestão da qualidade, em virtude de acções de melhoria levadas a cabo durante a realização de um projecto Seis Sigma, a integridade desse sistema é mantida.

No decurso da realização de um projecto Seis Sigma, no seio da área de actividades acreditadas e a acreditar do organismo de inspecção, independentemente de se tratar de um projecto DMAIC ou de DFSS, são definidas acções correctivas e/ou preventivas, cuja eficácia deverá ser verificada e confirmada para, assim, contribuírem para a melhoria contínua do sistema de gestão.

4.7.2.2.4. Pós-projecto Seis Sigma

O pós-projecto envolve a avaliação da eficácia de cada projecto Seis Sigma realizado, a reflexão acerca dos aspectos positivos e negativos que aconteceram no seu desenrolar (Anbari *et al.*, 2008) e a transferência do conhecimento acumulado e lições aprendidas, ao longo desse mesmo projecto (Tukel *et al.*, 2008). Num contexto de integração, a aprendizagem, resultante deste processo, potencia também a melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade do organismo de inspecção, do programa Seis Sigma e da articulação entre os dois.

4.8. Integração do Seis Sigma com a ITIL v3

4.8.1. Introdução

A infraestrutura ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*) é um referencial que compila, num conjunto de publicações, as melhores práticas para a gestão dos serviços de tecnologias de informação (TI). Desenvolvida no Reino Unido, no final da década de 1980, a ITIL foi revista por duas vezes, a última das quais em 2007, sendo que a sua última versão, designada de ITIL v3, é composta por 5 publicações nucleares, cada uma correspondente aos estádios do ciclo de vida dos serviços de TI. Para além destas publicações nucleares, a biblioteca da infraestrutura ITIL v3 disponibiliza o guia oficial sobre as melhores práticas de gestão dos serviços de TI, bem como um conjunto de documentos complementares. O título e âmbito dos estádios do ciclo de vida dos serviços de TI são os seguintes:

- 1) **Estratégia de Serviço (*Service Strategy*)**. Contempla:
 - Orientações para o desenvolvimento de estratégias e objectivos para os serviços de TI, que estejam alinhados com a estratégia e objectivos da organização.
 - A definição do modelo de negócio e do portefólio de serviços de TI prestados.
 - A criação da infraestrutura organizacional necessária à prestação dos serviços de TI, incluindo os processos e funções a eles associados.
 - A definição de acções para melhorar continuamente o desempenho dos serviços de TI.
- 2) **Desenho de Serviço (*Service Design*)**. Contempla:
 - Projecto, ou desenho, de novos ou modificados serviços de TI, que estejam de acordo com a estratégia do negócio.
 - Um conjunto de etapas, desde a definição dos requisitos e restrições/constrangimentos para o serviço de TI, passando pela sua concepção e desenvolvimento, até à verificação e validação dos resultados, relativamente aos níveis de desempenho pretendidos e ao cumprimento dos requisitos e restrições aplicáveis ao projecto técnico.
 - Uma abordagem ampla e integrada para as actividades de projecto técnico, que abrange cinco aspectos: (1) desenho dos serviços atendendo a uma visão holística, em que as soluções desenhadas são compatíveis com as soluções existentes; (2) desenho dos mecanismos de gestão eficaz e controlo dos processos; (3) desenho das arquitecturas tecnológica e de gestão necessários para fornecer os serviços de TI; (4) desenho dos processos necessários ao longo do ciclo de vida dos serviços de TI; (5) desenho dos sistemas de medição e métricas a utilizar na avaliação do desempenho dos processos associados aos serviços de TI.
- 3) **Transição de Serviço (*Service Transition*)**. Contempla:
 - O planeamento da transição para operação dos serviços novos ou modificados que passaram, previamente, pelo estágio de “Desenho de Serviço”.

- Orientações de como os serviços de TI podem ser efectiva e eficientemente operacionalizados, controlando os riscos de falhas e descontinuidades ou mudanças.
 - A redução da variabilidade expectável nos níveis de desempenho dos serviços de TI que transitarão para operação.
 - A redução da probabilidade de ocorrência de erros conhecidos e do risco de ocorrência de falhas nos serviços que transitarão para operação.
- 4) Operação de Serviço (*Service Operation*). Contempla:
- O fornecimento e suporte a uma eficaz e eficiente realização dos serviços de TI, numa base regular e continuada.
 - A gestão da infraestrutura utilizada para fornecer os serviços de TI.
 - A medição e monitorização dos processos e actividades dos serviços de TI e a detecção atempada de quaisquer desvios de desempenho (e.g. níveis de serviço, capacidade, entre outros), não concretização de objectivos, ou de problemas no cumprimento dos requisitos aplicáveis.
- 5) Melhoria Contínua de Serviço (*Continual Service Improvement*). Contempla:
- A avaliação e melhoria da qualidade de prestação dos serviços de TI, da eficácia e eficiência dos seus processos, bem como dos níveis de maturidade relativos à capacidade de gestão desses processos de TI.
 - O alinhamento dos esforços de melhoria contínua com as necessidades do negócio e as prioridades estratégicas da organização.
 - A identificação e aproveitamento de oportunidades de melhoria em qualquer um dos outros quatro estádios do ciclo de vida dos serviços de TI.
 - Actividades de medição e utilização de métricas, não só para determinar os níveis de desempenho dos serviços de TI e dos seus processos, mas também dos níveis de melhoria alcançados após a definição e implementação de acções.
 - O uso de metodologias estruturadas, apoiadas por técnicas e ferramentas quantitativas, para conduzir as iniciativas de melhoria dos serviços de TI e dos seus processos.

O modelo da ITIL v3 encontra-se representado na figura 4.15. No coração do modelo encontram-se as directrizes estratégicas para a gestão dos serviços de TI, orientada para os resultados do negócio, a concretização dos objectivos e a criação quantificável de valor para os clientes (OGC, 2007a). Em torno das orientações estratégicas, definidas no âmbito do estádio de “Estratégia de Serviço”, residem os três estádios temporais que constituem o ciclo útil de vida de um qualquer serviço de TI, desde a sua concepção e desenvolvimento (“Desenho de Serviço”), passando pela sua introdução (“Operação de Serviço”) até à sua operação regular (“Operação de Serviço”). Ao conjunto desses três estádios dá-se o nome de “portefólio de serviços”. O ciclo de melhoria PDCA encontra-se implícito no modelo da ITIL v3 através da “Melhoria Contínua de Serviço”, cujo perímetro abrange todos os outros quatro estádios do ciclo de vida.

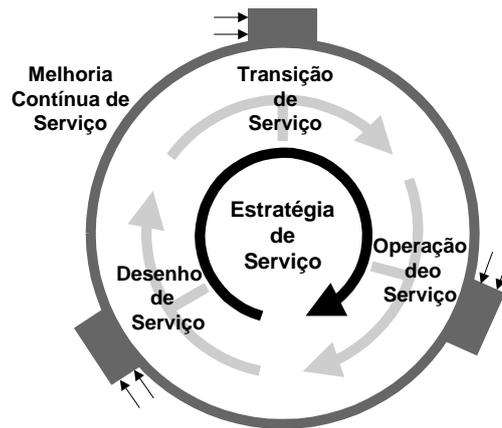


Figura 4.15 – Modelo de ciclo de vida dos serviços de TI, de acordo com a ITIL v3 (fonte: itSMF International, 2007).

A ITIL v3 contempla um total de 26 processos, distribuídos pelos diferentes estádios do ciclo de vida dos serviços de TI, para que uma organização possa adoptar as boas práticas constantes do referencial. O enquadramento destes processos no modelo da ITIL v3 encontra-se indicado na figura 4.16. Embora os processos apareçam associados a estádios específicos do ciclo de vida, na verdade todos eles possuem uma forte relação de interdependência e actuam conjuntamente no tratamento de diversos eventos possíveis no ciclo de vida de um serviço de TI (Schlieper, 2007).

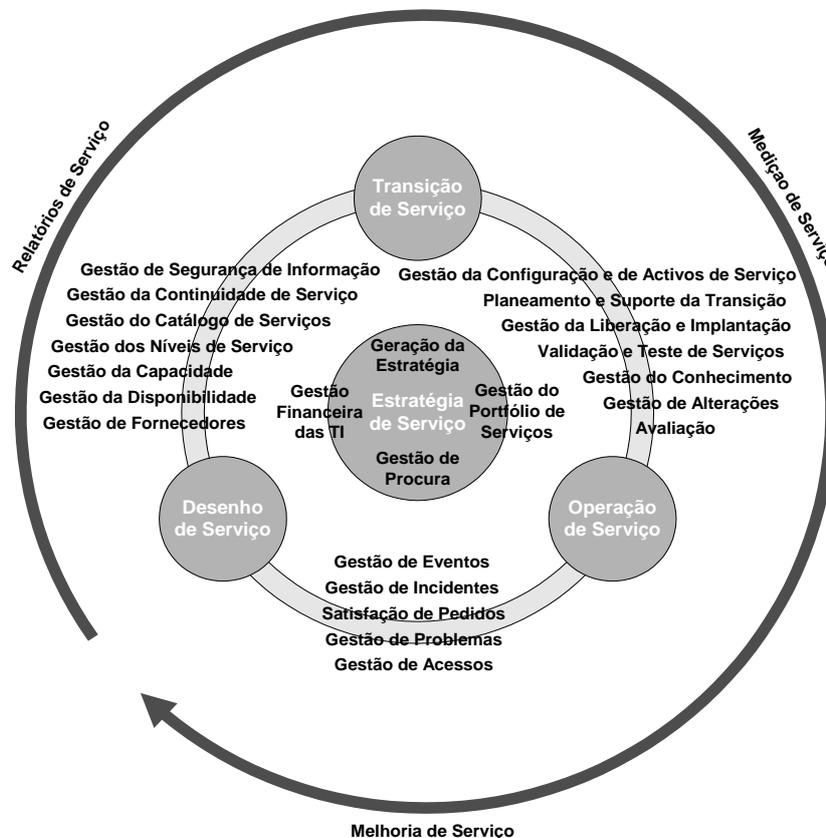


Figura 4.16 – Os 26 processos do ciclo de vida dos serviços de TI, de acordo com a ITIL v3 (adaptado de: itSMF International, 2007; Ferreira, 2011).

Antes da publicação da ITIL v3, autores como Fry e Bolt (2004), Bigio *et al.* (2004), Edgeman *et al.* (2005) e Den Boer *et al.* (2006), demonstraram a possibilidade e os benefícios decorrentes de integrar o Seis Sigma com a ITIL. Fry e Bolt (2004) desenvolveram uma metodologia que combina o mapa DMAIC do Seis Sigma com as boas práticas da ITIL v2, com o objectivo de ser utilizado em projectos para melhorar os processos de gestão dos serviços de TI no seio do grupo GE. Bigio *et al.* (2004) e Edgeman *et al.* (2005) descrevem dois casos práticos, que decorreram numa mesma agência pública norte-americana, em que a abordagem metodológica DMAIC foi usada para melhorar o desempenho do processo de gestão da disponibilidade do serviço (no caso descrito por Bigio *et al.* (2004)) e do processo de gestão do nível de serviço (no caso divulgado por Edgeman *et al.* (2005)). Em ambos os casos, as melhorias alcançadas com cada um dos projectos Seis Sigma permitiu elevar o nível de maturidade desses processos, de acordo com a auto-avaliação da ITIL v2. Por sua vez, Den Boer *et al.* (2006), para além do DMAIC, contemplam a utilização da abordagem de DFSS para a concepção e desenvolvimento de novos ou modificados serviços de TI. Os autores destacam também a utilidade do DMAIC para a melhoria dos processos que se inserem no fornecimento e suporte dos serviços de TI.

Uma das mais importantes novidades da ITIL v3 reside na explicitação da utilização das metodologias do Seis Sigma para realizar a melhoria contínua dos serviços de TI (OGC, 2007e). Este acontecimento espoletou o desenvolvimento de novas e mais aprofundadas propostas de integração. Dos trabalhos publicados, após o lançamento da ITIL v3, destaca-se o contributo de Probst e Case (2009). Schlieper (2007) e Chan *et al.* (2008) são outras referências importantes, mas a sua abordagem à integração não acrescenta muito para além do que já havia sido proposto.

Probst e Case (2009) organizam as propostas de integração entre o Seis Sigma e a ITIL v3 em torno dos seguintes grandes tópicos:

- Convergência de princípios inerentes ao Seis Sigma e à ITIL v3 (quadro 4.23).
- Relação entre o modelo de melhoria contínua do serviço da ITIL v3 com as abordagens metodológicas DMAIC e DFSS (mapa DMADV).
- Relação entre o processo de melhoria em 7 passos da ITIL v3 com as abordagens metodológicas DMAIC e DFSS (mapa DMADV).
- Relação entre os estádios do ciclo de vida da ITIL v3 com as abordagens metodológicas DMAIC e DFSS (mapa DMADV).
- Relação entre os processos da ITIL v3 com as abordagens metodológicas DMAIC e DFSS (mapa DMADV).

Quadro 4.23 – Convergência de princípios inerentes à ITIL v3 e ao Seis Sigma
(adaptado de: Probst e Case, 2009).

ITIL v3	Seis Sigma
Requer a utilização de métricas e indicadores para quantificar o valor fornecido aos clientes através dos serviços de TI, avaliar a eficiência e eficiência dos processos de TI, estabelecer e verificar a concretização de objectivos.	Faz uso de um amplo e completo conjunto de métricas, que permitem avaliar o desempenho de um determinado sistema, fomentando a adopção de boas práticas de gestão através da tomada de decisões com base em factos.
As actividades de monitorização e medição do desempenho dos serviços de TI, relativamente às métricas dos serviços, processos e tecnologia, requerem a existência de sistemas de medição adequados e capazes.	Apoia-se num sistema de medição do desempenho eficaz, que inclui a existência de sistemas de medição operacionais capazes de assegurar a validade e integridade das medições efectuadas e dados recolhidos.
Visa proporcionar valor aos clientes através de uma cada vez melhor concepção e desenvolvimento, transição e operação dos serviços de TI.	Abordagem orientada para o cliente, interno ou externo, onde se procura maximizar o valor por ele percebido. Todos os projectos Seis Sigma, sigam estes uma vertente DMAIC ou de DFSS, têm início com a auscultação das “vozes dos clientes”.
Contém um modelo de melhoria que visa continuamente alinhar e realinhar os serviços de TI, ao longo do seu ciclo de vida, com as sempre mutáveis necessidades do negócio.	Abordagem orientada para os resultados do negócio, onde os projectos seleccionados devem contribuir para a concretização dos objectivos estratégicos, de gestão e operacionais da organização.
Pretende assegurar uma elevada consistência no fornecimento dos serviços de TI, medidos em termos de capacidade, disponibilidade, segurança e continuidade.	Minimizar a variabilidade verificada nas características críticas para a qualidade (CTQCs) associadas aos resultados decorrentes da realização de um processo ou do funcionamento de um produto.

Os autores exploram as relações e sinergias existentes entre o modelo de melhoria contínua, constituído por seis etapas, contido no estágio de “Melhoria Contínua de Serviço”, e a perspectiva metodológica do Seis Sigma. Em particular, estabelecem correspondências entre cada uma das seis etapas do modelo com as fases dos mapas DMAIC e DMADV, este último utilizado na abordagem de DFSS.

Para além de um modelo de melhoria contínua, a quinta publicação da ITIL v3 propõe um processo para levar a cabo as iniciativas de melhoria contínua, que é composto por sete passos. A diferença do modelo para o processo de melhoria contínua, reside, essencialmente, no facto de o último ter uma natureza mais operacional, enquanto que o modelo assume um carácter estratégico e tático. Probst e Case (2009) procuram também associar os mapas DMAIC e DMADV a cada um dos sete passos do processo de melhoria contínua.

O quadro 4.24 indica a correspondência entre os estádios do ciclo de vida da ITIL v3 com os mapas DMAIC e DMADV, de acordo com o proposto por Probst e Case (2009). Na mesma referência, os autores procuram também enquadrar os processos da ITIL v3, indicados na figura 4.16, com as fases dos mapas DMAIC e DMADV.

Quadro 4.24 – Correspondência entre as fases dos mapas DMAIC e DMADV com os estádios do ciclo de vida da ITIL v3 (fonte: Probst e Case, 2009).

Estádio do ciclo de vida	DMAIC	DMADV
Estratégia	Define	Define
Desenho	Define / Measure / Analyse	Measure / Analyse / Design
Transição	Design / Verify	Improve
Operação	Verify	Control
Melhoria Contínua	Verify	Define / Measure / Analyse

4.8.2. Propostas de integração entre o Seis Sigma e a ITIL v3

As propostas de integração, constantes desta secção, voltam a assumir o Seis Sigma na perspectiva de sistema alargado de gestão, que contém também as perspectivas do Seis Sigma enquanto metodologia e métrica. A integração proposta envolve os seguintes tópicos:

- 1) Enquadramento das metodologias do Seis Sigma, DMAIC e DFSS, nos estádios do ciclo de vida constantes do modelo da ITIL v3.
- 2) Articulação entre as actividades inerentes às várias fases dos projectos Seis Sigma, desde a sua identificação até ao período de pós-projecto, com as boas práticas da ITIL v3.

4.8.2.1. Enquadramento das metodologias do Seis Sigma no modelo de ciclo de vida da ITIL v3

O conceito de ciclo de vida pode, portanto, constituir um elo de ligação importante entre as abordagens metodológicas do Seis Sigma e os estádios dos serviços de TI contemplados na ITIL v3, em particular com os estádios que compõem o portefólio de serviços de TI, ou seja, o “Desenho de Serviço”, a “Transição de Serviço” e a “Operação de Serviço”. No enquadramento realizado nesta secção, o mapa de DFSS adoptado será o IDOV; contudo, o raciocínio apresentado é idêntico para qualquer outro mapa de DFSS que se prefira eventualmente utilizar. A abordagem metodológica de melhoria contínua assentará, como habitualmente, no ciclo DMAIC.

Um portefólio de serviços representa a capacidade e a prontidão de um prestador de serviços de TI em atender aos seus clientes e/ou a determinados espaços/segmentos de mercado (OGC, 2007a). É composto pelo funil de serviços e pelo catálogo de serviços (Probst e Case, 2009), conforme se indica na figura 4.17.

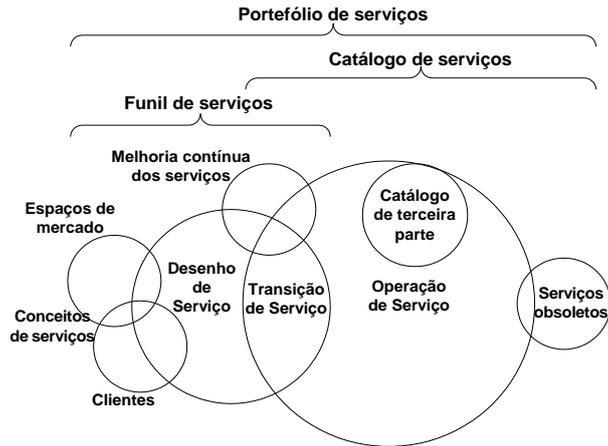


Figura 4.17 – Elementos e estádios do ciclo de vida que compõem o portfólio de serviços de TI (adaptado de: OGC, 2007a).

O catálogo contém todos os serviços actualmente prestados, bem como aqueles que, tendo sido aprovados, transitarão para operação. Na prática, é constituído por documentos informativos que descrevem, em pormenor, cada um dos serviços de TI que podem ser prestados. Alguns dos serviços do catálogo podem ser subcontratados (catálogo de terceira parte), ou ter sido descontinuados ou retirados de operação, sendo por isso considerados obsoletos.

No seio do funil estão os serviços de TI agendados para um horizonte temporal futuro ou que já se encontrem em fase de desenho. São serviços, dirigidos para clientes ou espaços/segmentos de mercado considerados relevantes para o negócio, que poderão ser posteriormente adicionados ao catálogo, tendo que para tal de percorrer com êxito o período de transição.

Na figura 4.18 representa-se a proposta para enquadrar as duas abordagens metodológicas dos Seis Sigma nos três estádios do ciclo de vida do modelo ITIL v3 que compõem o portfólio de serviços. A realização de projectos Seis Sigma de melhoria contínua, assentes no mapa DMAIC, é recomendada quando se pretender aumentar o desempenho dos serviços de TI existentes e da maturidade dos seus processos, não devendo envolver alterações conceptuais nos serviços existentes, Deve apenas incidir sobre serviços que se encontrem no estádio correspondente à “Operação de Serviço”.

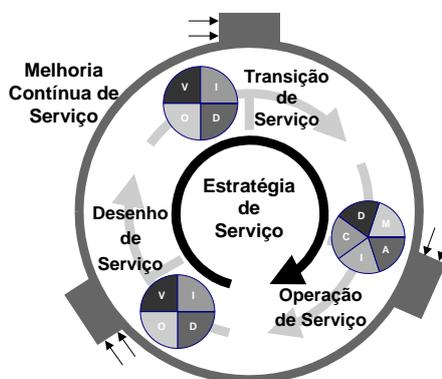


Figura 4.18 – Enquadramento das abordagens metodológicas do Seis Sigma com o modelo de ciclo de vida da ITIL v3.

Caso se pretenda desenhar um novo serviço de TI, ou introduzir alterações conceptuais em serviços que já constem do catálogo, a realização de projectos, seguindo uma metodologia de DFSS é mais aconselhável. O enquadramento, representado na figura 4.19, propõe a utilização do mapa IDOV nos estádios de “Desenho de Serviço” e de “Transição de Serviço”, embora com propósitos distintos:

- No estádio de “Desenho de Serviço”, o IDOV é integralmente usado, desde a identificação das necessidades dos clientes e outras partes interessadas, passando pelas actividades de concepção e desenvolvimento, até às actividades de verificação e validação finais.
- No estádio de “Transição de Serviço”, é particularmente vantajosa a utilização da última das fases do IDOV, geralmente denominada *Verify* e/ou *Validate*. Neste estádio, já todos os serviços fazem parte do catálogo, pelo que as soluções conceptuais de cada serviço já se encontram definidas, o desempenho funcional otimizado e, provavelmente, a solução final validada a uma escala de protótipo. Deste modo, a utilização das primeiras três fases do IDOV não terá, na maioria das situações, grande interesse. A fase de *Validate* pode ter grande utilidade em processos de transferência de tecnologia para um ou mais serviços de TI, ou para auxiliar na introdução controlada de um determinado serviço no mercado.

No estádio de “Desenho de Serviço”, o DFSS tem o papel de fomentar a inovação nos serviços de TI; contudo, no estádio de “Transição de Serviço”, a margem de inovação é baixa e, por isso, as técnicas e ferramentas incluídas no DFSS visam essencialmente a realização de ajustes, correcções e acções de minimização de risco, tendo em vista aumentar a probabilidade de êxito na colocação em operação dos serviços de TI já concebidos e desenvolvidos.

4.8.2.2. Enquadramento das boas práticas da ITIL v3 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma

O estádio de “Melhoria Contínua de Serviço” interage com todos os outros estádios do ciclo de vida dos serviços de TI. Envolve a medição do desempenho dos serviços de TI e seus processos (através do processo de “medição de serviço”), a documentação dos resultados (por via do processo de “relatório de melhoria”), de modo a identificar oportunidades para desenvolver acções que permitam melhorar a qualidade dos serviços de TI prestados e a maturidade dos seus processos (por meio do processo de “melhoria de serviço”), contribuindo para aumentar os resultados do negócio.

Nesta secção, desenvolve-se um modelo que permite articular as diferentes fases pelas quais passam os projectos Seis Sigma, desde a sua identificação até ao pós-projecto, com as boas práticas e elementos da ITIL v3, principalmente aqueles que se inserem no estádio de “Melhoria Contínua de Serviço”. O modelo proposto encontra-se representado na figura 4.19.

Dado o âmbito e objectivos da “Melhoria Contínua de Serviço”, é natural que sejam as boas práticas e elementos contidos neste estádio que predominam no modelo proposto. Uma vez que esse estádio é a “espinha dorsal” que interliga todos os estádios de ciclo de vida contemplados na ITIL v3, há necessidade de incluir os outros quatro no modelo proposto. Os outros estádios encontram-se, por isso, devidamente identificados no modelo na figura 4.19.

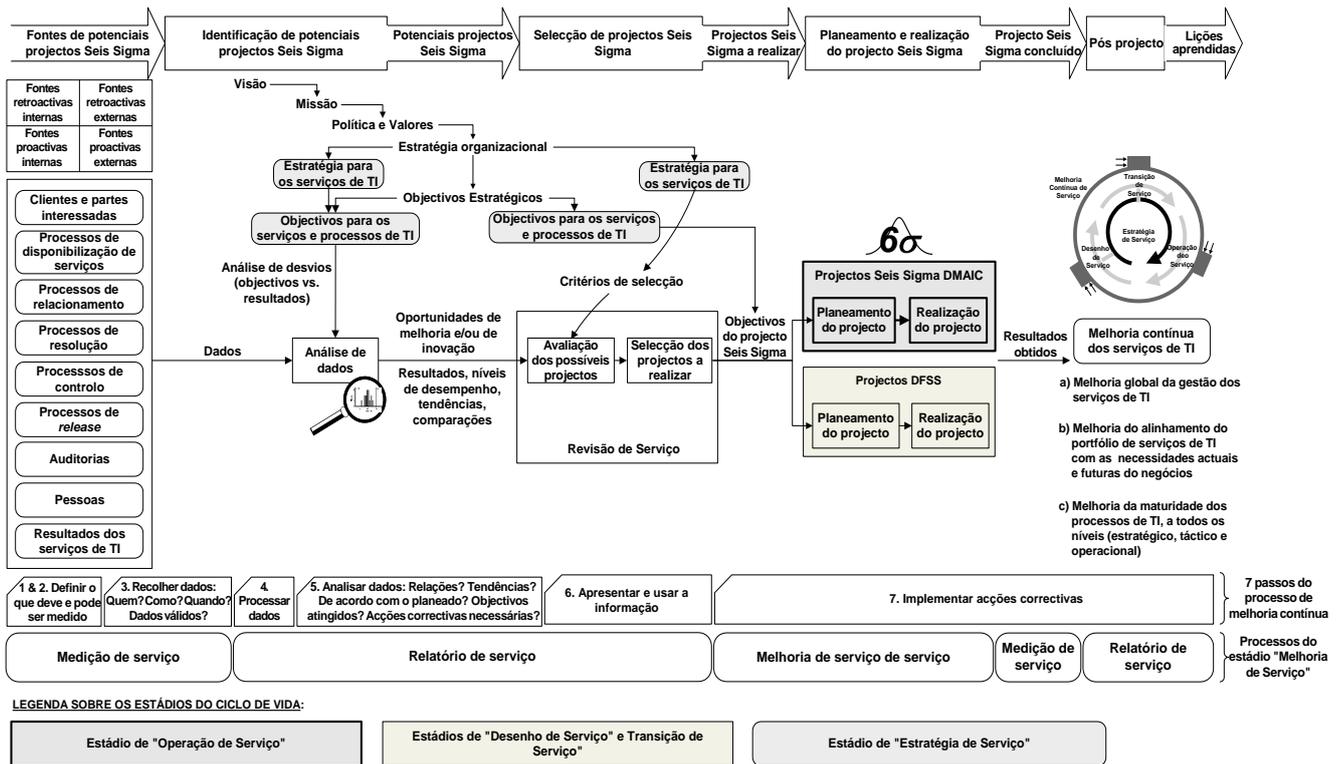


Figura 4.19 – Enquadramento das boas práticas e elementos da ITIL v3 nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.

Na parte inferior do modelo consta a seguinte informação:

- O enquadramento dos 7 passos do processo de melhoria contínua nas quatro fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.
- O enquadramento dos três processos associados ao estágio de “Melhoria Contínua de Serviço” nas quatro fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.

4.8.2.2.1. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma

Os potenciais projectos Seis Sigma são identificados pelos *Sponsors*, com base nas oportunidades de melhoria e/ou de inovação detectadas. Num contexto de integração do Seis Sigma com a ITIL v3, a função de *Sponsor* deve ser exercida pelos donos/gestores dos processos de TI (*IT Process Owners*) e/ou pelos gestores dos serviços de TI (*Service Managers*).

O processo que conduz à identificação de oportunidades de melhoria e/ou de inovação tem início com a recolha de dados provenientes de múltiplas fontes:

- *Clientes e partes interessadas* – Inclui a medição e monitorização da percepção dos clientes e de outras partes interessadas relevantes, em relação aos serviços de TI prestados, assim como as suas necessidades e expectativas, o modo como avaliam a qualidade dos serviços de TI da organização comparativamente com aqueles fornecidos por empresas concorrentes.
- *Processos de TI* – Abrange os dados resultantes das actividades de medição e monitorização dos processos que fazem parte do sistema de gestão dos serviços de TI. A tipologia de

processos, adoptada na norma ISO 20000:2005, é aqui utilizada para agrupar os diferentes processos da ITIL nas seguintes categorias:

- a) *Processos de disponibilização de serviços*, onde se incluem os de gestão dos níveis de serviço, gestão da disponibilidade, gestão da capacidade, gestão da continuidade dos serviços de TI, gestão da segurança da informação, gestão das alterações, gestão da procura e gestão financeira dos serviços de TI.
 - b) *Processos de relacionamento*, nomeadamente os processos de geração da estratégia, gestão de fornecedores, gestão do catálogo de serviços e gestão do portefólio de serviços.
 - c) *Processos de resolução*, onde se inserem os processos de gestão de incidentes, satisfação de pedidos, gestão de eventos e gestão de problemas.
 - d) *Processos de controlo*. Designadamente os de gestão da configuração e de activos de serviço, gestão de acessos e gestão do conhecimento.
 - e) *Processos de release*, em particular os de planeamento e suporte da transição, gestão da libertação e implantação, validação e teste de serviços e avaliação.
- *Auditorias* – Inclui os dados provenientes de auditorias internas e auditorias externas, sejam estas últimas de segunda ou terceira partes.
 - *Pessoas* – Abrange os dados com origem nos colaboradores envolvidos directa e indirectamente, ao longo do ciclo de vida dos serviços de TI.
 - *Resultados dos serviços de TI* – Dados relativos aos resultados-chave dos serviços de TI que têm impacto directo no negócio. Incluem-se aqui valores e indicadores financeiros, volumes de trabalho, quotas de mercado, entre outros dados.

A recolha de dados ocorre ao longo dos diferentes estádios do ciclo de vida dos serviços. Por exemplo, vários dos processos referidos são transversais a diferentes momentos do ciclo de vida de um serviço de TI. No quadro 4.25, apresentam-se exemplos de dados provenientes das categorias de fontes, anteriormente referidas, sendo aqui também enquadrados, consoante a sua origem (interna ou externa) e forma (retroactiva ou proactiva), em torno dos quatro quadrantes adoptados nesta tese.

Da análise dos dados recolhidos, resulta um conjunto importante de informação que, sendo correctamente interpretada, se transforma em conhecimento sobre eventos que efectam, ou podem vir a afectar, o negócio e/ou a eficácia e eficiência da prestação dos serviços de TI. Durante o processo de análise de dados, devem averiguar-se respostas às seguintes questões:

- Todos os serviços, processos e tecnologias estão a ter o desempenho esperado, de acordo com o planeado?
- Os objectivos estabelecidos foram e/ou estão a ser alcançados? Se não foram, qual a magnitude dos desvios?
- Existem problemas cuja gravidade e/ou recorrência exijam o desenvolvimento urgente de acções correctivas?
- Existem tendências e outros padrões evolutivos patentes? Quais os comportamentos exibidos?

- Como podem ser avaliados os níveis de desempenho atingidos, comparativamente com os níveis de desempenho alcançados por outras organizações ou entidades?

Quadro 4.25 – Enquadramento de vários exemplos de fontes de dados para a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, a partir da adopção das boas práticas da ITIL v3.

	Fontes com origem interna	Fontes com origem externa
Fontes retroactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados referentes a métricas de serviço (e.g. tempos de resposta, tempos de transação, níveis de serviço, etc.). • Resultados referentes a métricas de processos (e.g. taxa de incidentes resolvidos, custos, número e frequência dos erros de configuração, taxa de alterações bem sucedidas, etc.). • Resultados referentes a métricas de tecnologia (e.g. capacidade de utilização da rede, níveis de disponibilidade de componentes e aplicativos, etc.). • Valores dos KPIs relativos ao negócio (e.g. métricas financeiras, volume de negócios, quotas de mercado nos vários espaços de mercado, etc.). • Dados referentes à ocorrência de incidentes, problemas, emergências e desastres. 	<ul style="list-style-type: none"> • Reclamações e manifestações de insatisfação por parte de clientes dos serviços de TI e/ou de outras partes interessadas. • Resultados dos inquéritos periódicos à satisfação dos clientes. • Métricas e indicadores-chave relativos ao desempenho dos serviços de TI prestados por organizações concorrentes. • Resultados da avaliação e selecção periódica dos fornecedores. • Normas, regulamentos e diplomas legais publicados, aplicáveis aos serviços de TI. • Estudos e relatórios externos publicados em diversos meios de comunicação, com interesse no sector dos serviços de TI. • Estudos sectoriais publicados.
Fontes proactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Sugestões e ideias dos colaboradores para a melhoria dos serviços de TI prestados. • Sessões de <i>brainstorming</i> junto dos colaboradores visando a geração de ideias tendo em vista o desenho de novos serviços de TI, ou modificação dos existentes. • Resultados de auditorias internas. • Resultados de testes e ensaios internos efectuados com o objectivo de otimizar o desempenho das tecnologias de informação usadas nos serviços prestados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Resultados de auditorias externas, de segunda e terceira partes. • Sugestões de clientes e/ou de outras partes interessadas relevantes. • Resultados de grupos focalizados, entrevistas individuais, entre outras iniciativas, para determinar a percepção, necessidades e expectativas dos clientes relativamente aos serviços de TI. • Sugestões provenientes de fornecedores. • Resultados de <i>benchmarking</i> funcional e/ou competitivo, com outras organizações e entidades que fornecem serviços de TI.

A análise de dados deve ser efectuada a todos os níveis do negócio, sejam estes estratégicos, táticos ou operacionais. Em resultado da recolha, processamento e análise dos dados, surge, normalmente, um conjunto de oportunidades de melhoria e/ou inovação, a partir das quais se podem propor projectos Seis Sigma a realizar.

4.8.2.2.2. Selecção de potenciais projectos Seis Sigma

A avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma e a selecção daqueles a realizar na fase seguinte são actividades que, pela sua natureza estratégica, devem ser lideradas pela gestão de topo, normalmente um *Champion* ou comité de *Champions*. Num contexto de integração com a ITIL v3, a função de *Champion* poderá ser desempenhada por um ou mais gestores de melhoria contínua (*CS/Manager*), actuando como representante da gestão de topo. A avaliação do portefólio de possíveis projectos Seis Sigma deve ter em conta um conjunto pré-definido de critérios e apoiar-se numa ou mais técnicas de apoio à decisão, conforme discutido na secção 2.5.1. As reuniões de revisão de serviço podem ser utilizadas para proceder à avaliação e selecção de projectos Seis Sigma.

4.8.2.2.3. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma

A abordagem metodológica para a realização do projecto depende principalmente do estágio do ciclo de vida em que o serviço de TI se insere. projectos que sigam uma vertente de DFSS, aplicam-se a serviços que se encontrem nos estádios de “Desenho de Serviço” e “Transição de Serviço”. Pelo contrário, projectos Seis Sigma que incidam em serviços de TI que se enquadrem no estágio de “Operação de Serviço”, devem ser executados numa base de melhoria contínua através do DMAIC.

Antes da sua realização, cada projecto deve ser planeado pelo líder técnico, o *Black Belt*, em conjunto com os outros membros da equipa de projecto. As revisões intermédias do projecto Seis Sigma devem contemplar a revisão, e eventual actualização, do planeamento inicial. Nas actividades de planeamento, deve sempre assegurar-se um adequado alinhamento dos objectivos do projecto Seis Sigma com os objectivos definidos para os serviços de TI e correspondentes processos.

O planeamento deve envolver a definição e calendarização das actividades a executar, ao longo do projecto, e a atribuição de papéis e responsabilidades aos membros da equipa. A distribuição de papéis e responsabilidades pelos membros da equipa deve, no entanto, ser coerente com as responsabilidades e autoridades definidas no seio do sistema de gestão dos serviços de TI.

Os 7 passos do processo de melhoria contínua, para além de se poderem enquadrar na sequência de fases dos projectos Seis Sigma, tal como representado na figura 4.19, também podem ter uma correspondência com as fases do mapa DMAIC e com um qualquer mapa de DFSS, conforme foi discutido por Probst e Case (2009).

4.8.2.2.4. Pós-projecto Seis Sigma

O pós-projecto envolve a avaliação da eficácia de cada projecto Seis Sigma realizado, a reflexão acerca dos aspectos positivos e negativos que aconteceram no seu desenrolar (Anbari *et al.*, 2008) e a transferência do conhecimento acumulado e lições aprendidas, ao longo desse mesmo projecto (Tukel *et al.*, 2008). Num contexto de integração com a ITIL v3, a aprendizagem resultante deste processo potencia também a melhoria contínua do sistema de gestão da qualidade do organismo de inspecção, do programa Seis Sigma e da articulação entre os dois.

4.9. Conclusões

Este capítulo foi dedicado ao desenvolvimento e proposta de linhas de orientação e de modelos que visam facilitar e simplificar a integração entre o Seis Sigma e um conjunto relevante de referenciais de gestão, nomeadamente os seguintes:

- Referencial ISO 9001, para a certificação de sistemas de gestão da qualidade.
- Referencial ISO 14001, para a certificação de sistemas de gestão ambiental.
- Referencial OHSAS 18001, para a certificação de sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho.
- Referencial ISO/IEC 17025, para a acreditação de laboratórios de ensaio e calibração.
- Referencial ISO/IEC 17020, para a acreditação de organismos de inspecção.
- Referencial ITIL, contendo as boas práticas de gestão dos serviços de tecnologias de informação (TI).

As conclusões do capítulo serão divididas em torno de três grupos. O primeiro conjunto diz respeito a conclusões gerais e transversais, envolvendo todos ou a maioria dos referenciais de gestão. No segundo grupo de conclusões, apresentar-se-ão aquelas relacionadas com a integração do Seis Sigma com a norma ISO 9001. Finalmente, resumir-se-ão as conclusões respeitantes à integração do Seis Sigma com os outros cinco referenciais de gestão acima indicados.

As principais conclusões, de carácter geral, do capítulo são as seguintes:

- Para uma plena e eficaz integração do Seis Sigma com um determinado referencial de gestão, tirando partido de todas as sinergias existentes entre as abordagens, deve considerar-se o Seis Sigma numa perspectiva de sistema de gestão.
- As linhas de orientação e modelos propostos podem ser adoptados por qualquer organização, independentemente da sua dimensão e sector de actividade em que actua.
- Quando a integração do Seis Sigma se fizer com um ou mais referenciais normativos de gestão, a forma mais eficaz de articular os requisitos contidos em cada cláusula e subcláusula desse referencial, com os princípios, boas práticas e actividades inerentes a um programa Seis Sigma, é através da estrutura e elementos fornecidos pelo ISO Guide 72.
- É possível, através da utilização articulada das boas práticas requeridas ou recomendadas por um dado referencial de gestão, assegurar a execução sistemática das actividades de identificação, avaliação, selecção, planeamento, realização e encerramento de projectos Seis Sigma, ou seja, de todos os processos envolvidos no ciclo de vida de vida desses projectos.
- Os mapas metodológicos do Seis Sigma, que se baseiam no ciclo PDCA, fornecem rotinas e um conjunto de técnicas e ferramentas, a usar de forma estruturada, que fomentam as práticas de melhoria contínua preconizadas pelos demais referenciais de gestão.
- Métricas como o Nível Sigma, o número de *DPMO*, o *RTY*, entre outras, permitem quantificar os níveis de desempenho de uma organização em diferentes matérias, podendo ser utilizadas nos processos de medição e monitorização contemplados nos vários referenciais de gestão.

A maior parte do capítulo concentrou-se na integração com o referencial ISO 9001, pelo facto de se tratar do referencial mais utilizado e conhecido. As principais conclusões a retirar, a este respeito, são as seguintes:

- As vantagens da integração são mútuas, tanto para o programa Seis Sigma como para o sistema de gestão da qualidade (SGQ).
 - Por um lado, a extensão ao âmbito do programa Seis Sigma de um conjunto de procedimentos, associados ao cumprimento dos requisitos da ISO 9001 (e.g. auditorias internas, revisão pela gestão, recursos humanos, controlo de documento e registos, entre outros), fornece um apoio importante à gestão de toda a infraestrutura do programa, incluindo a estrutura “*bell*” e das fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.
 - Por outro lado, a aplicação dos princípios fundamentais do Seis Sigma e a realização bem sucedida de projectos, sejam de melhoria contínua (por via do mapa ou ciclo DMAIC), ou de inovação (através de um mapa de DFSS), contribui para a melhoria contínua do SGQ e para aumentar a capacidade de cumprimento dos requisitos contidos na norma ISO 9001.
- Diversas técnicas e ferramentas, que apoiam a realização de projectos Seis Sigma, têm aplicabilidade e utilidade no seio da maioria das cláusulas e subcláusulas da ISO 9001, fomentando a tomada de decisões com base em factos.
- É possível integrar a metodologia de DFSS, independentemente do mapa adoptado, na cláusula 7.3 da ISO 9001 e, desse modo, adoptá-la como processo de concepção e desenvolvimento no âmbito do SGQ.
- O SGQ gera um conjunto de dados, oriundos de fontes do SGQ, associadas a algumas das cláusulas e subcláusulas da ISO 9001, que, depois de analisados e interpretados, conduz à identificação de potenciais projectos Seis Sigma.
- A selecção de projectos Seis Sigma deve ser realizada durante o processo de revisão do SGQ.
- Na fase de planeamento, os objectivos estabelecidos para cada projecto Seis Sigma devem ser coerentes com os objectivos da qualidade definidos para o SGQ.
- As acções correctivas e/ou preventivas, definidas e implementadas no decorrer de um projecto Seis Sigma, quando se revelem eficazes, contribuem para a melhoria contínua do SGQ.

Relativamente ao terceiro conjunto de conclusões, que engloba os outros referenciais de gestão, destacam-se as seguintes:

- A possibilidade e as vantagens de integrar o Seis Sigma com outros modelos ou referenciais de gestão, não se limitam aos sistemas de gestão da qualidade. Quando o Seis Sigma é perspectivado do ponto de vista de sistema de gestão, pode ser facilmente combinado e articulado com qualquer referencial de gestão.
- Todos os referenciais normativos de gestão contêm um conjunto de requisitos (e.g. auditorias internas, revisão pela gestão, controlo de documentos e de registos, entre outros) que, sendo

utilizados no âmbito de um programa Seis Sigma, podem contribuir para reforçar a eficácia e eficiência deste último.

- A redução dos impactos ambientais provocados por uma organização e a melhoria do seu desempenho ambiental (e.g. concretização de objectivos ambientais, cumprimento de requisitos legais) podem ser alcançados e mantidos através da realização bem sucedida de projectos Seis Sigma.
- Os projectos Seis Sigma, realizados no seio de um SGA, podem incidir no aumento da eficiência energética, na redução da quantidade de resíduos gerados, no desenvolvimento de produtos e processos com uma menor pegada ecológica, entre outras áreas.
- Projectos Seis Sigma que incidam na minimização do número de acidentes de trabalho, de lesões, de tempos de exposição a fontes de risco para a saúde, no tempo de resposta a situações de emergência entre outros âmbitos possíveis, quando bem sucedidos, contribuir para a melhoria do desempenho organizacional a nível de SST.
- O plano de um projecto Seis Sigma, a realizar no âmbito de um sistema de segurança e saúde no trabalho, corresponde a um programa de SST, conforme requerido pela norma OHSAS 18001.
- Para além dos referenciais normativos que podem ser usados para efeitos de certificação, demonstrou-se a possibilidade de integração entre o Seis Sigma e dois dos mais importantes referenciais para fins de acreditação de entidades: a ISO/IEC 17025 (acreditação de laboratórios de ensaios e calibração) e a ISO/IEC 17020 (acreditação de organismos de inspecção).
- Os projectos Seis Sigma realizados, num contexto de integração com a ISO/IEC 17025, podem incidir na melhoria do sistema de gestão do laboratório (requisitos da secção 4 da norma) e/ou na melhoria da sua capacidade técnica na realização de ensaios e/ou calibrações (secção 5 da norma); os projectos que sigam uma abordagem de DFSS, podem focalizar-se no desenvolvimento e novos serviços de ensaios e calibração.
- Projectos Seis Sigma, realizados no âmbito do referencial ISO/IEC 17020, podem incidir na melhoria do sistema de qualidade do organismo de inspecção, dos serviços técnicos de inspecção prestados e nos serviços de suporte associados; podem também visar uma maior uniformização dos critérios da inspecção e decisões tomadas pelos diferentes inspectores, ou ainda, no caso de projectos de DFSS, o desenvolvimento de novos serviços de inspecção.
- A mais recente versão da ITIL, a ITIL v3, enquadra os serviços de tecnologias de informação (TI) em diferentes estádios do ciclo de vida; desse modo, o tipo de projecto Seis Sigma a desenvolver (projectos de melhoria contínua DMAIC *versus* projectos de inovação de acordo com um mapa de DFSS) depende do estádio em que se encontre esse serviço de TI.
- É possível e vantajoso enquadrar os 7 passos do processo de melhoria contínua, tal como preconizado pela ITIL v3, com as diferentes fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, como forma de sistematizar a integração das duas abordagens.

CAPÍTULO 5

Metodologia de DFSS considerando três factores: morfologia, maturidade e variedade

5.1. Introdução

A metodologia de DFSS proposta neste capítulo insere-se num modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, que também aqui é apresentado e desenvolvido. Este modelo fornece um processo sistemático para definir, na fase mais a montante possível do ciclo de vida de um projecto Seis Sigma, qual a melhor abordagem metodológica para a realização do mesmo e qual o respectivo mapa metodológico a adoptar. Além disso, e não menos importante, proporciona às equipas de projecto a possibilidade de transitarem, sempre que tal se revelar necessário, entre mapas metodológicos distintos, sem que tal comprometa significativamente o projecto Seis Sigma em curso, através da exploração de sinergias entre o Seis Sigma DMAIC e o DFSS

A escolha da abordagem metodológica para a realização de um projecto Seis Sigma depende do nível de inovação subjacente ao âmbito desse projecto; o nível de inovação, por sua vez, determina a categoria do factor maturidade em que o sistema de interesse se enquadra. Mesmo a nível dos projectos de DFSS, estes podem desenrolar-se em diferentes ambientes de inovação, mais incrementais ou mais radicais; é por isso importante definir o mapa metodológico de DFSS mais indicado a cada nível de inovação.

Para além da dimensão maturidade, também a morfologia do sistema de interesse pode determinar algumas particularidades na forma como um projecto de DFSS é executado. O factor morfologia está intimamente ligado ao tipo de inovação, o qual depende da tipologia do sistema de interesse, que pode assumir uma natureza mais ou menos tangível. Uma terceira dimensão, geralmente ignorada pelas metodologias de DFSS existentes, é a variedade, a qual está relacionada com a heterogeneidade dos requisitos de projecto aplicáveis ao sistema de interesse.

Neste capítulo, pretende-se, portanto, desenvolver uma metodologia de DFSS que possa ser utilizada pelas equipas de projecto em diferentes circunstâncias de morfologia, maturidade e variedade. Esta metodologia é uma parte integrante do modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma proposto, cuja sequência de fases, para além de encaminhar para o mapa metodológico mais

indicado para a realização de um determinado projecto, também facilita a integração do Seis Sigma com outros referenciais de gestão, conforme se discutiu no capítulo anterior.

Serão primeiramente discutidas em detalhe as dimensões relativas à morfologia, maturidade e variedade do sistema de interesse, o que permitirá estabelecer e caracterizar diferentes categorizações para cada uma das três. O modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, sugerido nesta tese, será então apresentado, seguindo-se a descrição da metodologia de DFSS proposta, baseada no mapa IDOV, que incidirá sobre níveis de inovação não incrementais.

5.2. Morfologia, maturidade e variedade

No capítulo 3 identificaram-se três factores, ou dimensões, associadas ao sistema de interesse, susceptíveis de introduzir algumas especificidades no modo como se desenvolve um projecto de DFSS. Essas dimensões são as seguintes:

- *Morfologia* – Dimensão associada à tipologia do sistema de interesse e que, portanto, se encontra relacionada com o tipo de inovação inerente ao projecto de DFSS.
- *Maturidade* – Dimensão associada ao grau de novidade conceptual a introduzir no sistema de interesse, estando, assim, relacionada com o nível de inovação inerente ao projecto de DFSS.
- *Variedade* – Dimensão associada à heterogeneidade dos requisitos de projecto a satisfazer pelo sistema de interesse por diferentes gerações do sistema de interesse, ou por duas ou mais variantes desse sistema de interesse. Esses requisitos de projecto incluem os requisitos funcionais e/ou os constrangimentos.

Assim sendo, é importante dotar a metodologia de DFSS, proposta neste capítulo, com a capacidade de poder ser utilizada em diferentes contextos de morfologia, maturidade e variedade. Importa, por isso, aprofundar estes três factores, ou dimensões, para poder estabelecer uma categorização para cada um deles. Esse é o principal objectivo desta secção.

5.2.1. Morfologia e maturidade

A adopção dos termos “morfologia” e “maturidade” foi sugerida em alguns trabalhos desenvolvidos no Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Stanford, nomeadamente por Yang *et al.* (2004), Yang *et al.* (2005), Beiter *et al.* (2006) e Kim *et al.* (2008). Estes autores propõem um diagrama, conforme mostra a figura 5.1, composto por quatro quadrantes, onde é possível posicionar um dado sistema de interesse relativamente à sua morfologia (eixo horizontal) e maturidade (eixo vertical):

- *Quadrante I.* Projectos de inovação que incidem sobre sistemas tangíveis e onde o grau de novidade conceptual, introduzido nesse sistema, é significativo.
- *Quadrante II.* Projectos de inovação que incidem sobre sistemas não tangíveis e onde o grau de novidade conceptual, intrduzido nesse sistema, é significativo.

- *Sistemas tipo III.* Projectos de inovação que incidem sobre sistemas tangíveis e onde o grau de novidade conceptual, introduzido nesse sistema, é reduzido.
- *Sistemas tipo IV.* Projectos de inovação que incidem sobre sistemas não tangíveis e onde o grau de novidade conceptual, introduzido nesse sistema, é reduzido.

Para uma melhor compreensão do diagrama morfologia-maturidade, adicionaram-se, à figura 5.1, vários exemplos de sistemas com diferentes graus de morfologia e maturidade associados. Note-se que, embora o referido diagrama seja composto por quatro quadrantes principais, os eixos da morfologia e da maturidade correspondem a escalas contínuas.

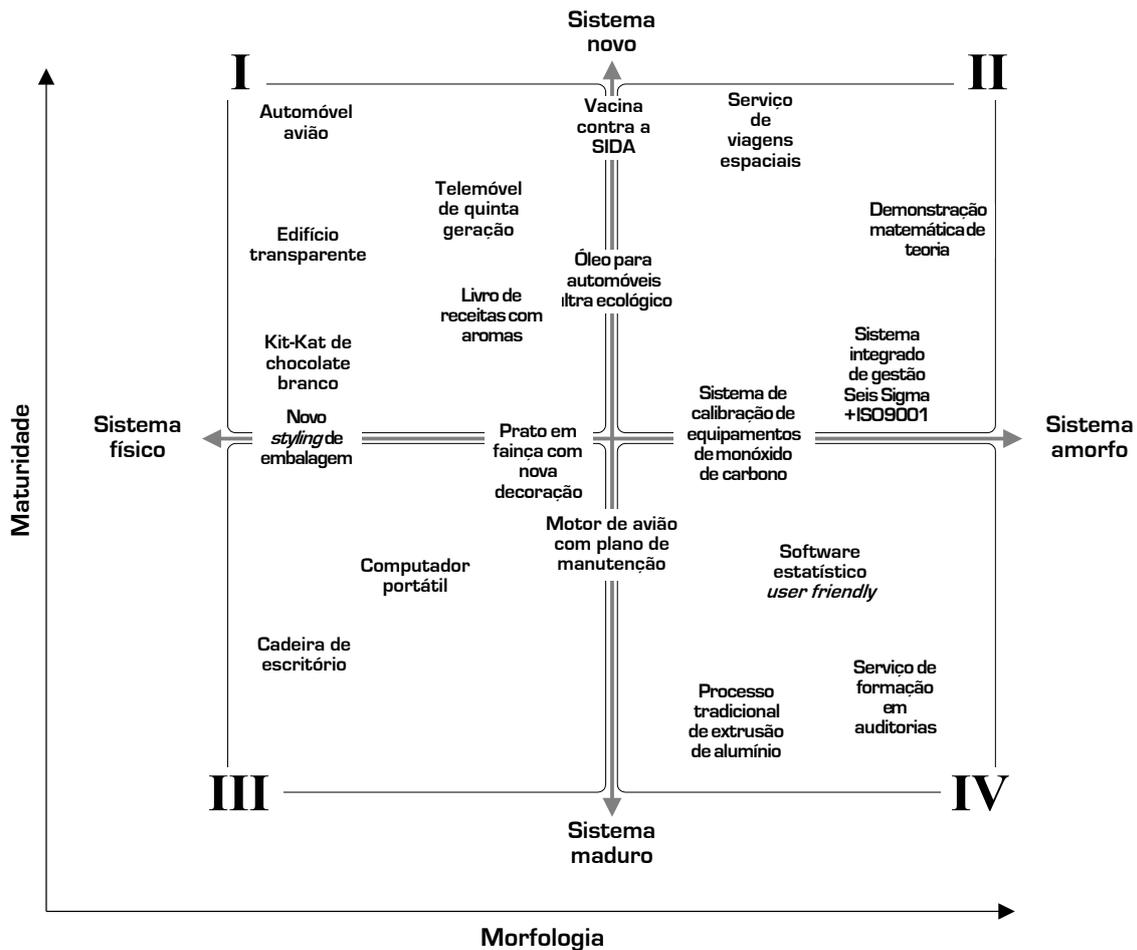


Figura 5.1 – Diagrama morfologia-maturidade de sistemas (adaptado de: Beiter *et al.*, 2006).

Por exemplo, o desenvolvimento de um serviço de viagens espaciais corresponde a uma inovação mais radical do que o projecto/desenho de um edifício transparente. Por outro lado, nota-se que inovações que envolvam alterações estéticas e decorativas correspondem a um nível intermédio de inovação, sensivelmente a meio caminho entre a inovação radical e a inovação incremental. Ao longo do eixo horizontal, indicam-se também diferentes graus de tangibilidade para os sistemas exemplificados. Alguns deles, como é o caso do sistema que abrange o motor de avião (subsistema tangível) e o respectivo plano/contrato de manutenção (subsistema intangível), encontram-se sensivelmente a meio da escala.

Apesar de existir um contínuo nos eixos da morfologia e da maturidade, normalmente procede-se ao estabelecimento de classes para cada uma destas dimensões. Assim, durante a revisão da literatura, efectuada no seio da secção 3.3.2.2 da tese, apresentaram-se várias categorizações relativas ao nível de inovação (associado à dimensão maturidade) e tipo de inovação (associado à dimensão morfologia). Para além disso, na secção 3.4.3 realizou-se um levantamento sobre o modo como, e com que extensão, as metodologias de DFSS, propostas até ao momento, contemplam mecanismos e soluções para lidar com estas duas dimensões ou factores.

O objectivo principal desta secção, consiste em propor uma categorização para as duas dimensões referidas. No que se refere à morfologia, conforme se viu na secção 3.4.3, a maioria das metodologias de DFSS tem enquadrado os projectos de inovação em torno do desenvolvimento de produtos, serviços e processos; tal categorização não abrange, todavia, a totalidade de tipologias possíveis de sistemas. Mesmo adicionando a tipologia “modelos de negócio”, tal como sugerido mais recentemente por Jugulum e Samuel (2008), às três categorias anteriores, pode concluir-se que existem outros tipos de sistemas que continuam a não ser contemplados. Já no que respeita à dimensão maturidade, essa mesma secção da tese demonstrou ser necessário clarificar melhor quais os diferentes níveis de inovação que podem envolver a realização de um projecto de DFSS.

Pretende-se pois que a categorização referida:

- Constitua uma base de trabalho para apoiar o desenvolvimento da metodologia de DFSS proposta neste capítulo.
- Contribua para uma eficaz gestão das diferentes fases que constituem o ciclo de vida dos projectos Seis Sigma
- Seja coerente com os princípios, boas práticas e terminologia, subjacentes à temática do Seis Sigma.
- Permita universalizar a aplicação de projectos Seis Sigma, independentemente do tipo e nível de inovação neles envolvidos.
- Auxilie a clarificar qual a melhor abordagem metodológica a seguir num projecto Seis Sigma e, simultaneamente, facilite, sempre que seja desejável, a exploração de sinergias entre essas abordagens.
- Facilite a integração do Seis Sigma com outros referenciais de gestão.

As categorizações propostas nesta tese, para os factores morfologia e maturidade, têm por base a estratégia de criação de valor ICRA, descrita na secção 2.6.3, desenvolvida no âmbito da chamada terceira geração do Seis Sigma. Uma das virtudes desta terceira geração reside no facto de ampliar o enfoque dos projectos Seis Sigma ao negócio e ao mercado, não se limitando portanto à melhoria e inovação de produtos e de processos (Harry e Crawford, 2005). Tal pode ser confirmado através da matriz ICRA, representada na figura 5.2, que relaciona os quatro estádios da estratégia ICRA com as quatro áreas de enfoque em que os projectos Seis Sigma podem incidir: (1) mercado; (2) negócio; (3) produto; (4) processo.

Os estádios de “Inovação” e de “Configuração” encontram-se associados à criação de valor (Harry e Linsenmann, 2006), através da realização bem sucedida de projectos de DFSS, conforme se viu no capítulo 2. Já os projectos Seis Sigma que ocorrem nos estádios de “Realização” e de “Atenuação”, são conduzidos atendendo à lógica do mapa metodológico DMAIC. Analisando os trabalhos publicados por Shunk (2005) e Harry e Linsenmann (2006), conclui-se que cada estádio da estratégia ICRA corresponde a um nível de inovação diferente. Por exemplo, um projecto de DFSS desenrolado no estádio de “Inovação” implica um esforço criativo e conceptual superior, relativamente a um projecto de DFSS que tenha lugar no estádio de “Configuração”, pois no primeiro caso, ao contrário do segundo, não existe geralmente um conceito de referência maduro.

		Enfoque			
		Mercado	Negócio	Produto	Processo
Estratégia	Inovação	Inovar necessidades de mercado	Inovar estratégia do negócio	Inovar conceitos de produto	Inovar métodos de processo
	Configuração	Configurar canais de mercado	Configurar operações do negócio	Configurar características do produto	Configurar etapas do processo
	Realização	Realizar vendas no mercado	Realizar o retorno do negócio	Realizar rendimento do produto	Realizar ciclos do processo
	Atenuação	Atenuar perdas de mercado	Atenuar o custo do negócio	Atenuar defeitos no produto	Atenuar variação do processo

Figura 5.2 – Matriz ICRA (fonte; Harry e Crawford, 2005).

5.2.1.1. Categorização proposta para a dimensão maturidade

A categorização proposta nesta tese adopta, à semelhança do que acontece com a estratégia de criação de valor ICRA, quatro níveis de inovação distintos, que se encontram indicados e explicados em detalhe no quadro 5.1. Existem três aspectos relevantes nesta categorização, que a tornam particularmente útil num contexto Seis Sigma, nomeadamente pelo facto de:

- Ser consistente com os quatro estádios da estratégia ICRA, que, no seu conjunto, abrangem as diferentes fases do ciclo de vida de qualquer tipologia de sistema.
- Permitir determinar, em cada projecto Seis Sigma, qual a abordagem metodológica mais adequada, face ao nível de inovação envolvido no mesmo.
- Alinhar a terminologia utilizada na literatura em torno da temática da inovação com aquela utilizada no contexto do Seis Sigma, em particular do DFSS.

Quadro 5.1 – Categorias da dimensão maturidade adoptadas na presente tese, seu significado e abordagens metodológicas do Seis Sigma aplicáveis a cada uma delas.

Nível de inovação	Abordagem metodológica	Significado do nível de inovação
Inovação radical	DFSS	<ul style="list-style-type: none"> • Projectos Seis Sigma que visam a criação de um novo sistema, ou então o projecto de outras ou de novas aplicações para um sistema existente, com o intuito de concretizar um ou mais dos seguintes objectivos: satisfazer necessidades latentes, em mercados existentes, para ganhar vantagens competitivas; criar um novo mercado, onde ainda não haja concorrência; permitir novas aplicações para um sistema existente. • O projecto Seis Sigma pode também objectivar incrementos substanciais de desempenho, relativamente a CTQCs conhecidas, e/ou de eficiência. • A totalidade das funções básicas, a desempenhar pelo sistema de interesse, não é satisfeita, de forma capaz, por nenhum conceito conhecido. • Envolve a escolha de um novo conjunto de elementos de solução situados no nível superior da decomposição. • Os requisitos funcionais, e respectivas CTQCs, bem como os elementos de solução situados nos restantes níveis derivam do novo conjunto de elementos de solução situados no nível superior da decomposição.
Inovação substancial	DFSS	<ul style="list-style-type: none"> • Projectos Seis Sigma que visam reconceber um sistema existente, com o intuito de concretizar um ou mais dos seguintes objectivos: atingir incrementos substanciais de desempenho relativamente às suas CTQCs; obter vantagens competitivas no mercado através da nova solução conceptual; conquistar novos mercados; aumentar a robustez conceptual do sistema; obter ganhos substanciais de eficiência. • As funções básicas do sistema de interesse mantêm-se inalteradas • Parte dos requisitos funcionais, e CTQCs associadas, a satisfazer pelo sistema de interesse são alterados, em virtude dos novos elementos de solução escolhidos. • Pode envolver modificações conceptuais que impliquem a remoção, adição e/ou alteração de elementos de solução, situados num qualquer nível da decomposição, bem como das suas especificações. • Pode envolver alterações conceptuais que impliquem a reconsideração de decisões sobre questões de pormenor como: a disposição física, espacial e lógica dos elementos de solução, a integração ou agregação de elementos de solução em blocos/módulos físicos ou lógicos, entre outras.
Inovação incremental	Seis Sigma DMAIC, com incursão pelo DFSS	<ul style="list-style-type: none"> • Projectos Seis Sigma que visam otimizar o desempenho de um sistema existente, relativamente a uma ou algumas das suas CTQCs. • Os requisitos funcionais do sistema de interesse, e suas CTQCs, mantêm-se inalterados. • Pode envolver alterações de um ou mais dos elementos de solução, situados ao nível-folha da decomposição, bem como das suas especificações. • Pode envolver a optimização conceptual da solução, através dos axiomas da teoria de Projecto Axiomático, mas sem que tal implique alterações dos elementos de solução que não se situem ao nível-folha da decomposição.
Melhoria incremental	Seis Sigma DMAIC	<ul style="list-style-type: none"> • Projectos Seis Sigma que visam otimizar o desempenho de um sistema existente, relativamente a uma ou algumas das suas CTQCs. • Os requisitos funcionais do sistema de interesse, e suas CTQCs, mantêm-se inalterados. • Os elementos de solução do sistema de interesse mantêm-se inalterados. • As decisões conceptuais, para o sistema de interesse, mantêm-se inalteradas. • Pode envolver o ajustamento das especificações definidas para um ou mais dos elementos de solução situados ao nível-folha da decomposição.

Projectos Seis Sigma que se enquadrem na categoria de melhoria incremental não envolvem actividades de reconcepção do sistema de interesse, procurando-se apenas otimizar uma ou algumas

(poucas) das suas CTQCs (também chamadas de variáveis-chave de saída – KPOV – *Key Process Output Variables*), através de ajustes nas correspondentes variáveis-chave de entrada do processo (KPIV – *Key Process Input Variables*). Por vezes, o domínio das soluções de projecto (conhecido muitas vezes por domínio físico) não é totalmente ignorado; nesses casos, podem ocorrer ajustes em algumas das especificações de parâmetros de projecto, ou solução, situados nos níveis-folha da decomposição, que, através da informação disponibilizada pela matriz global de projecto, se sabe afectar a CTQC que se pretende otimizar. Repare-se que nesta situação não há reconcepção, porque os elementos de solução não são alterados, mas tão somente as especificações a eles associadas.

O raciocínio descrito no parágrafo anterior encontra-se patente na figura 5.3. Note-se que, nesta figura e nas três seguintes (figuras 5.4 a 5.6), para efeitos de generalização (i.e. para que a terminologia usada não dependa da tipologia do sistema de interesse) e para uma melhor compatibilização com a linguagem usada num contexto de Seis Sigma, os domínios representados têm nomes diferentes dos habitualmente utilizados na teoria de Projecto Axiomático (tradicionalmente, tais domínios designam-se, respectivamente, da esquerda para a direita, por: domínio funcional, domínio físico e domínio do processo). Pelas mesmas razões, ao invés de se adoptar o termo “parâmetro de projecto”, opta-se por usar o termo “elemento de solução”⁹ e, em vez de usar “variável de processo”, emprega-se “variável-chave de entrada do processo (KPIV)”. Note-se ainda que o domínio que contém as KPIVs, na figura 5.3, aparece de forma genérica e não decomposto, uma vez que, conforme refere Brown (2006b), a maioria das vezes não é necessário decompô-lo com o mesmo nível de detalhe.

A optimização do desempenho numa determinada CTQC é normalmente conseguida através de ajustes de uma ou mais KPIVs, mas, por vezes, pode também envolver ajustes nas especificações dos parâmetros associados a elementos de solução situados nos níveis-folha da decomposição. Como não existe reconcepção, todos os requisitos funcionais (e as CTQCs a eles associados) e elementos de solução, situados nos respectivos domínios, mantêm-se inalterados, assim como as relações, capturadas pela matriz global de projecto, entre os requisitos funcionais e os elementos de solução.

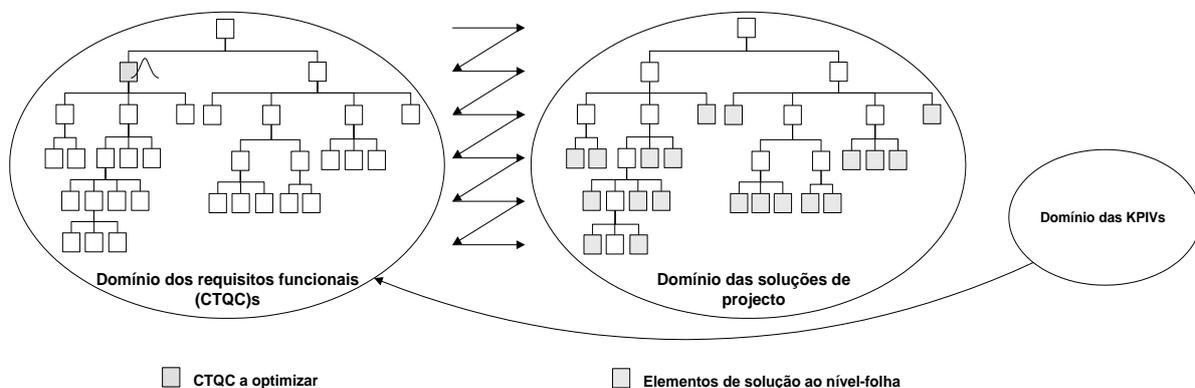


Figura 5.3 – Âmbito dos projectos Seis Sigma para um nível de inovação correspondente à categoria de melhoria incremental, explicado do ponto de vista da teoria de Projecto Axiomático.

Os projectos Seis Sigma que se encaixem na categoria de inovação incremental também visam a melhoria do desempenho de uma, ou de algumas (poucas) da(s) CTQC(s) do sistema de interesse; a diferença é que, nestes casos, a sua optimização, por meio de ajustes nas KPIVs e/ou de alterações nas especificações dos elementos de solução situados no nível-folha, pode não ser suficiente para atingir os níveis de desempenho pretendidos. Se tal suceder, pode ser necessário, em vez de iniciar a

⁹ Os termos “parâmetro de projecto” e “elemento de solução” são usados de forma indiferenciada nesta tese.

fase de *Improve* do DMAIC, fazer uma incursão pela abordagem de DFSS e proceder a ligeiras alterações conceptuais. Essas alterações, pelo facto de serem ligeiras, implicam que as modificações, nas escolhas de alguns dos elementos de solução, apenas ocorram nos níveis-folha do domínio das soluções de projecto. A informação dada pelas matrizes de projecto, permite determinar quais os elementos de solução, situados no nível-folha, que afectam determinada CTQC, cujo desempenho se pretenda melhorar/optimizar. Este raciocínio encontra-se esquematizado na figura 5.4, que mostra também que, à semelhança da categoria de melhoria incremental, todas as CTQCs do sistema, situadas nos diversos níveis de detalhe do domínio dos requisitos funcionais, se mantêm inalteradas. Estes projectos, que fazem uma incursão pela abordagem de DFSS, podem também contemplar esforços de melhoria conceptual do sistema de interesse, por exemplo, através da reordenação da matriz global de projecto, obtida através da aplicação da teoria de Projecto Axiomático.

A optimização do desempenho numa determinada CTQC é obtida através de alterações num, ou nalguns, elemento(s) de solução situado(s) ao nível-folha, para além de também poder envolver ajustes nas especificações desses e/ou de outros elementos de solução. Todos os requisitos funcionais (e respectivas CTQCs), situados nos diferentes níveis de decomposição, mantêm-se inalterados. A matriz global de projecto, que captura a relação entre a totalidade dos requisitos funcionais e elementos de solução, pode ser reordenada, de modo a aumentar a robustez conceptual do sistema de interesse.

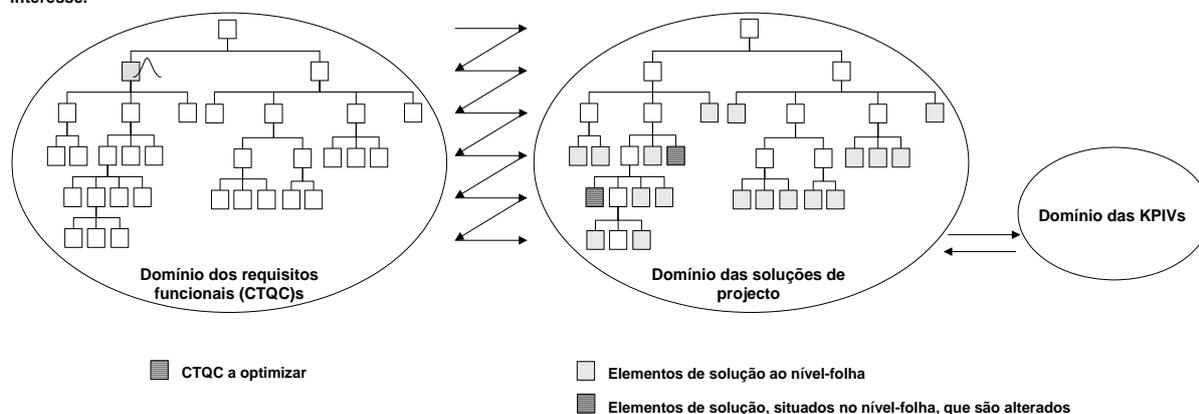


Figura 5.4 – Âmbito dos projectos Seis Sigma para um nível de inovação correspondente à categoria de inovação incremental, explicado do ponto de vista da teoria de Projecto Axiomático.

Os projectos Seis Sigma, que se enquadrem nas categorias de inovação substancial e de inovação radical, são executados de acordo com a abordagem metodológica de DFSS. No caso da inovação substancial, esta caracteriza-se pelo facto de o conjunto de funções básicas, desempenhadas pelo sistema de interesse, se manter inalterado. Os projectos de DFSS, realizados no contexto deste tipo de inovação, têm, frequentemente, o objectivo de melhorar, de forma substancial, a capacidade de satisfazer as definições operacionais estipuladas para as CTQCs que se encontram associadas às funções básicas do sistema. Seja por se pretender atingir níveis de eficácia e/ou eficiência substancialmente melhorados, e/ou por outras razões que potencialmente tragam vantagens competitivas para a organização, em projectos de DFSS associados a fenómenos de inovação substancial, procede-se sempre a alterações no seio do domínio das soluções de projecto. Tais alterações implicam a remoção, adição e/ou alteração de elementos de solução num qualquer nível e ramo da estrutura resultante do processo de decomposição. Sabendo que a escolha dos elementos de solução, num determinado nível da decomposição, tem consequências nos requisitos funcionais que são definidos nos níveis seguintes (Lindholm *et al.*, 1999), isso deve ser tido em conta durante a concepção e desenvolvimento. O raciocínio e princípios, inerentes a esta categoria de inovação, constam da figura 5.5.

O sistema de interesse é reconcebido, mantendo-se inalteradas as suas funções básicas. Pode haver adição, remoção ou alteração aos elementos de solução em qualquer ramo e nível da hierarquia da decomposição, bem como alteração às decisões conceptuais que modifiquem as relações existentes entre os requisitos funcionais e os elementos de solução. A escolha de um novo elemento de solução, no domínio das soluções de projecto, tem consequências na necessidade de formular novos conjuntos de requisitos funcionais (e das respectivas CTQCs) e de elementos de solução nos níveis seguintes da decomposição, situados no mesmo ramo do elemento de solução que foi introduzido ou alterado.

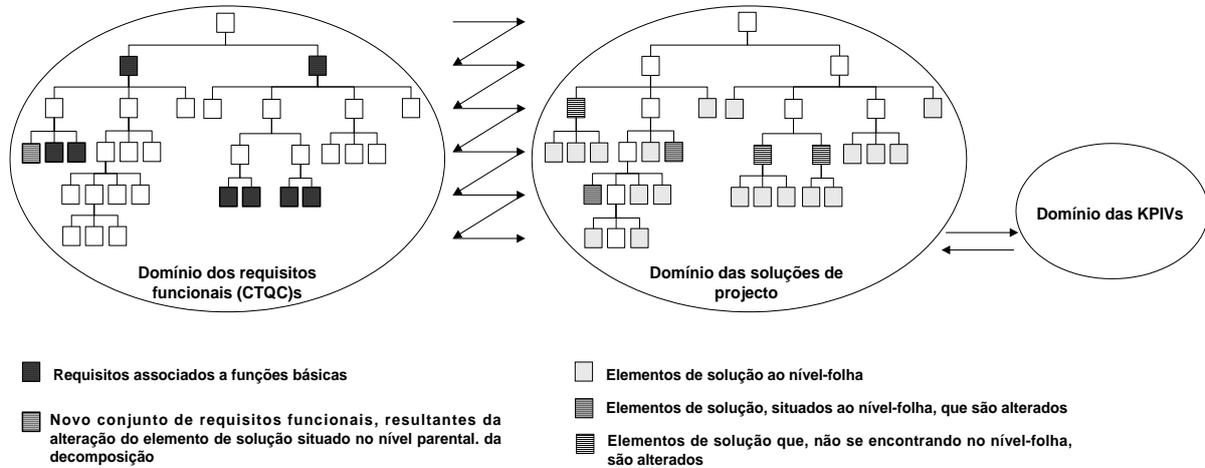


Figura 5.5 – Âmbito dos projectos Seis Sigma para um nível de inovação correspondente à categoria de inovação substancial, explicado do ponto de vista da teoria de Projecto Axiomático.

Em projectos de DFSS que envolvam fenómenos de inovação radical, as equipas de projecto deparam-se com requisitos, associados a funções básicas, que ainda não são satisfeitas, de forma capaz e adequada, por nenhuma solução conceptual conhecida. Isto implica actividades criativas e conceptuais mais exigentes do que nos outros casos. Mesmo reaproveitando informação, proveniente de projectos de C&D realizados anteriormente, de actividades de reengenharia inversa, de *benchmarking*, entre outras fontes possíveis, projectos de DFSS, inseridos num contexto de inovação radical, envolvem sempre o desenvolvimento, a partir de uma base muito embrionária, da arquitectura do sistema de interesse, que abrange os domínios dos requisitos funcionais e das soluções de projecto. A figura 5.6 esquematiza o raciocínio subjacente a esta categoria da dimensão maturidade.

O sistema de interesse é concebido e desenvolvido de raiz, pois não existe nenhuma solução conceptual que consiga satisfazer, capaz e adequadamente, a totalidade dos requisitos associados às funções básicas a desempenhar pelo sistema. Assim, as hierarquias dos requisitos funcionais (e respectivas CTQCs) e dos elementos de solução, bem como as relações, dadas em cada nível da decomposição pelas respectivas matrizes de projecto, entre os requisitos funcionais e os elementos de solução, são definidas de raiz.

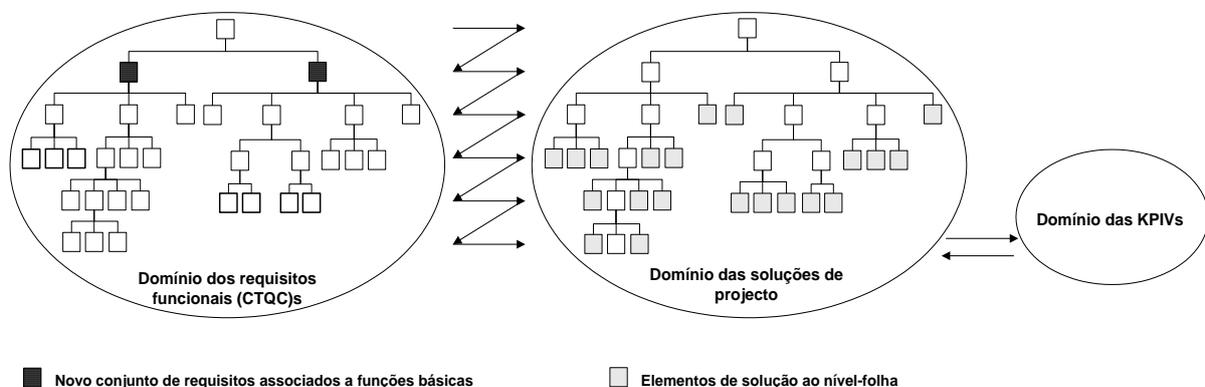


Figura 5.6 – Âmbito dos projectos Seis Sigma para um nível de inovação correspondente à categoria de inovação radical, explicado do ponto de vista da teoria de Projecto Axiomático.

5.2.1.2. Categorização proposta para a dimensão morfologia

A morfologia é, conforme discutido anteriormente, uma dimensão que está relacionada com a tipologia do sistema de interesse; as diferentes tipologias podem, por sua vez, ser enquadradas em torno de classes ou tipos de inovação. Na secção 3.3.2.2.1 do capítulo 3, viu-se que a edição mais recente do Manual de Oslo e a norma NP 4456:2007 adoptam os seguintes tipos de inovação: (1) inovação de *marketing*; (2) inovação organizacional; (3) inovação do produto; (4) inovação do processo. Esta categorização, que é também adoptada nesta tese, assemelha-se às quatro áreas de intervenção, ou enfoque, dos projectos Seis Sigma, de acordo com a estratégia ICRA (ver figura 5.2). Este raciocínio encontra-se esquematizado na figura 5.7.



Figura 5.7 – Lógica seguida para proceder à categorização da dimensão morfologia.

O quadro 5.2 enumera as principais características que definem cada um dos quatro tipos de inovação, indicando igualmente a sua correspondência com as áreas de enfoque da estratégia ICRA. A adopção desta categorização, para além de estar em consonância com a estratégia ICRA e, assim, poder ser facilmente relacionada com a categorização anteriormente estipulada para a dimensão maturidade, constitui um catalisador importante para se proceder à integração entre o Seis Sigma e o referencial de gestão de sistemas de investigação, desenvolvimento e inovação (IDI), baseado na norma NP 4457:2007.

A inovação de *marketing* insere-se num contexto de desenvolvimento de novos, ou de significativamente melhorados, métodos de *marketing*, visando aumentar as vendas através da melhor satisfação das necessidades dos mercados, da alteração de posicionamento ou da abertura de novos mercados (IPQ, 2007a). Segundo o Manual de Oslo e a norma NP 4456:2007, a inovação de métodos de *marketing* pode envolver um, mais do que um, ou a totalidade dos seguintes aspectos:

- *Marketing no produto* – Alterações ao produto (independentemente da morfologia desse produto) que, não afectando os seus requisitos funcionais nem características críticas para a qualidade, se encontram associadas a um novo conceito de *marketing*. Podem incluir modificações de forma, apresentação, estilo, fragrância, sabor, embalagem, decoração, entre outras iniciativas que permitam diferenciar os métodos de venda/*marketing* do produto.
- *Marketing do preço* – Introdução de novas, substancialmente modificadas ou melhoradas estratégias de preço, que aumentem a vendabilidade do produto. Exemplos disso, são os métodos de diferenciação de preços consoante os segmentos de mercado, leilões, descontos, entre outros.
- *Marketing na distribuição* – Introdução ou reformulação dos canais de vendas dos bens ou serviços, não incluindo os processos nem os métodos de carácter logístico (e.g. armazenagem, *gestão de stocks*, *picking*, transporte, etc.). Exemplos de inovação de

marketing na distribuição incluem, entre outros, novos, modificados ou melhorados conceitos de loja, formas de *franchising*, e conceitos de venda a retalho.

- *Marketing na promoção* – Implementação de novos, substancialmente modificados ou melhorados métodos e técnicas de publicidade e de outras formas de promoção de bens e serviços. Publicidade televisiva ou em *outdoors*, estratégias de promoção de marca, realização de eventos promocionais em centros comerciais, introdução de cartões e outros sistemas de personalização, entre outros, são exemplos que se enquadram na inovação de *marketing*.

Quadro 5.2 – Categorias adoptadas para a dimensão morfologia, seu significado e correspondência com o enfoque dos projectos Seis Sigma, de acordo com a estratégia de criação de valor ICRA.

Tipo de inovação	Enfoque ICRA associado	Significado do tipo de inovação
Inovação de <i>marketing</i>	Mercado	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução de novos, substancialmente modificados, ou melhorados métodos de <i>marketing</i>. • Tipologia de sistema de interesse envolvido em projectos Seis Sigma, enquadrados neste tipo de inovação: métodos de <i>marketing</i>. • Os métodos de <i>marketing</i> podem abranger um ou mais dos seguintes aspectos: <i>marketing</i> no produto, <i>marketing</i> do preço, <i>marketing</i> na distribuição e <i>marketing</i> na promoção.
Inovação organizacional	Negócio	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução de novos, substancialmente modificados, ou melhorados métodos organizacionais. • Tipologia de sistema de interesse envolvido em projectos Seis Sigma, enquadrados neste tipo de inovação: métodos organizacionais. • Os métodos organizacionais podem ser tipificados em torno de três grupos: organização do negócio, organização do trabalho e relações externas.
Inovação do produto	Produto	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução de novas, substancialmente modificados, ou melhorados soluções de produto. • Tipologia de sistema de interesse envolvido em projectos Seis Sigma que se enquadrem neste tipo de inovação: produtos. • As diferentes morfologias de produto podem ser enquadradas em quatro categorias: <i>hardware</i>, <i>software</i>, serviços; materiais processados.
Inovação do processo	Processo	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução de novos, substancialmente modificados, ou melhorados processos. • Sistemas de interesse envolvidos em projectos Seis Sigma enquadrados neste tipo de inovação: processos. • Os diferentes tipos de processos podem ser condensados em três categorias: suporte, realização de tipo produtivo e realização de tipo transaccional.

A inovação organizacional é aqui definida como sendo a introdução de novos, substancialmente modificados ou melhorados métodos organizacionais na prática do negócio, na organização do trabalho e/ou nas relações externas. Cada um desses tipos de métodos organizacionais encontra-se descrito e exemplificado de seguida:

- *Métodos para a organização do negócio* – Introdução de novas práticas para melhor planear, executar e gerir os processos do negócio. São disso exemplo, a introdução de novos,

substancialmente modificados ou melhorados: modelos de gestão do conhecimento, sistemas de gestão da qualidade, modelos de planeamento estratégico com base no *Hoshin Kanri*, modelos para a integração do Seis Sigma com outros referenciais de gestão.

- *Métodos para a organização do trabalho* – Implementação de novos, substancialmente modificados ou melhorados processos ou mecanismos, que permitam uma melhor organização do trabalho realizado pelas pessoas, seja a nível da distribuição de responsabilidades, do apoio à tomada de decisões, da formação e gestão de equipas, do planeamento e articulação das actividades e tarefas de trabalho, entre outras. O desenvolvimento e implementação de novos modelos de *team building*, métodos multi-critério para a tomada de decisões, sistemas de organização e controlo de *stocks* em armazém são exemplos deste tipo de inovação organizacional.
- *Métodos para a organização das relações externas* – Implementação de novas ou reformuladas formas de relacionamento com outras organizações, fornecedores, parceiros de negócio e outras partes interessadas. Exemplos deste tipo de inovação organizacional incluem o desenvolvimento e implementação de novos, substancialmente modificados ou melhorados acordos contratuais de *outsourcing*, modelos de participação e consulta a fornecedores, mecanismos de cooperação com entidades de ensino superior, entre outros.

A inovação do produto refere-se à introdução no mercado de novas, significativamente modificadas ou melhoradas soluções, sob a forma de bens ou serviços. Ao contrário da inovação de *marketing* de produto, na inovação de produto podem ocorrer alterações aos requisitos funcionais e características da qualidade do produto. À semelhança da norma ISO 9000:2005, nesta tese distinguem-se quatro tipos genéricos de produto:

- *Hardware* – Categoria de produto que se caracteriza pelo seu grau de tangibilidade sensorial, (e.g. mobília, peça de roupa, peça de motor, tijolo, refeição), aparece muitas vezes, na literatura, simplesmente designada pelo termo “produto”, como se pôde constatar na revisão bibliográfica realizada no capítulo 3.
- *Software* – Tipo de produto que consiste em dados e informação, tendo por isso uma natureza mais intangível.
- *Serviço* – Tipo de produto, geralmente intangível, que se caracteriza por envolver três elementos (Yang, 2005a): (1) o produto do serviço (o bem, mais ou menos tangível, que resulta da prestação do serviço¹⁰); (2) o processo de realização desse serviço (que muitas vezes ocorre em simultâneo com a entrega/fornecimento do produto do serviço); (3) a interacção com os clientes desse serviço.
- *Materiais processados* – Trata-se também de bens mais ou menos tangíveis, consoante o estado físico (sólido, líquido e/ou gasoso) em que se apresentem, que são utilizados para efeitos de transformação. Exemplos de materiais processados incluem, entre outros, os seguintes: produtos combustíveis, líquido de refrigeração, cimento, pasta de papel.

¹⁰ Na restauração, o produto deste serviço inclui elementos tangíveis (e.g. prato, comida, bebida, talheres); já no fornecimento de electricidade, o principal produto deste serviço é a corrente eléctrica, um elemento intangível.

Muitos produtos compreendem elementos pertencentes a diferentes categorias (APCER, 2010). São os chamados produtos híbridos (Baines *et al.*, 2009; Berkovich *et al.*, 2009) ou amorfos (Beiter *et al.*, 2006; Kim *et al.*, 2008). Nesses casos, a categoria a atribuir ao produto depende daquela que for dominante (ISO, 2005). No âmbito desta tese, as categorias de “*hardware*” e “*serviço*” assumem especial importância. A comparação entre a categoria de produto, enquanto *hardware*, e a de serviço, tem merecido a atenção de um conjunto apreciável da literatura. Sendo oportuno fazê-lo neste ponto da tese, enunciam-se, no quadro 5.3, as principais semelhanças e diferenças entre elas, tendo por base a revisão feita dos trabalhos de Yang (2005a), Sandén (2007) e Stevenson (2009).

Quadro 5.3 – Comparação entre as categorias de *hardware* (produto físico) e serviço (adaptado de: Yang, 2005a; Sandén, 2007; Stevenson, 2009).

	Produto físico (<i>hardware</i>)	Serviço
Tangibilidade.	Tangível.	Intangível.
Produção e fornecimento.	Produzido e fornecido em momentos diferentes do tempo.	Produzido e fornecido, muitas das vezes, em simultâneo.
Interação com os clientes durante a produção.	Baixa ou nenhuma interação.	Média ou elevada interação.
Valor.	Valor é criado e introduzido durante a produção e percebido durante o consumo.	Valor é introduzido e percebido durante a produção e o consumo.
Conveniência da localização.	Menos importante.	Mais importante.
Duração dos projectos de C&D.	Geralmente de maior duração.	Geralmente de menor duração.
Intensidade de I&D em inovações de nível radical ou substancial.	Geralmente elevado.	Geralmente médio ou baixo.
Implicações no processo de realização em projectos de C&D.	Alterações às CTQCs não implicam, geralmente, reconcepção do respectivo processo de realização.	Alterações às CTQCs implicam, geralmente, reconcepção do respectivo processo de realização.

Muitas vezes, pela sua natureza híbrida, os sistemas, enquadrados numa tipologia de produto, contêm propriedades de *hardware* e de serviço (Aurich *et al.*, 2006; Sakao e Shimomura, 2007; Baines *et al.*, 2009), podendo uma delas predominar sobre a outra. A figura 5.8 ilustra isso mesmo, posicionando vários exemplos de sistemas, que combinam elementos de *hardware* e de serviço, ao longo de uma escala de tangibilidade¹¹. Reconhecendo este facto, Tennant (2002a), Ginn e Varner (2004) e Jugulum e Samuel (2008) afirmam que o desenvolvimento de projectos de DFSS, num âmbito de inovação do produto, deve contemplar a escolha de elementos de solução, de natureza mais ou menos tangível, consoante as características morfológicas do sistema de interesse.

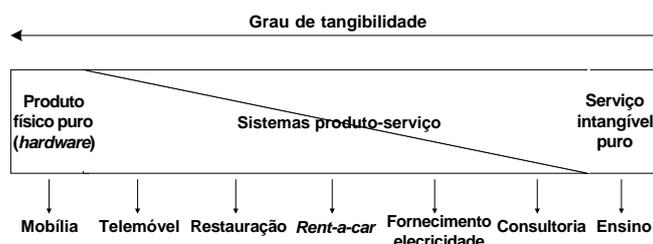


Figura 5.8 – Graus de tangibilidade para diferentes sistemas produto-serviço (adaptado de: Baines *et al.*, 2009).

¹¹ O grau de tangibilidade é tanto maior quanto mais tangível for o produto do serviço (o bem resultante da prestação do serviço).

A inovação do processo é aqui definida como sendo a introdução de novos, substancialmente modificados, ou melhorados, processos de realização e/ou de suporte. A introdução de processos categorizados como sendo de gestão ocorre no âmbito da inovação organizacional, nomeadamente a nível da organização do negócio. Deste modo, a inovação de processo pode dizer respeito a:

- *Processos de realização de tipo produtivo* – Processos de realização do produto, que por isso se encontram associados à actividade principal de uma organização, em que o resultado desse processo pertence, predominantemente, a uma das seguintes categorias: *hardware*, materiais processados e *software*.
- *Processos de realização de tipo transaccional* – Processos de realização do produto, que por isso se encontram associados à actividade principal de uma organização, em que o resultado desse processo pertence, predominantemente, à categoria de serviço.
- *Processos de suporte* – Processos que, embora não criem directamente valor no produto, contribuem para o bom funcionamento dos processos de realização, sejam estes produtivos ou transaccionais.

A figura 5.9 resume a categorização, adoptada nesta tese, relativamente à dimensão morfologia. A mesma figura também sinaliza os graus de tangibilidade típicos dos sistemas de interesse, que se enquadrem em cada um dos subtipos de inovação.

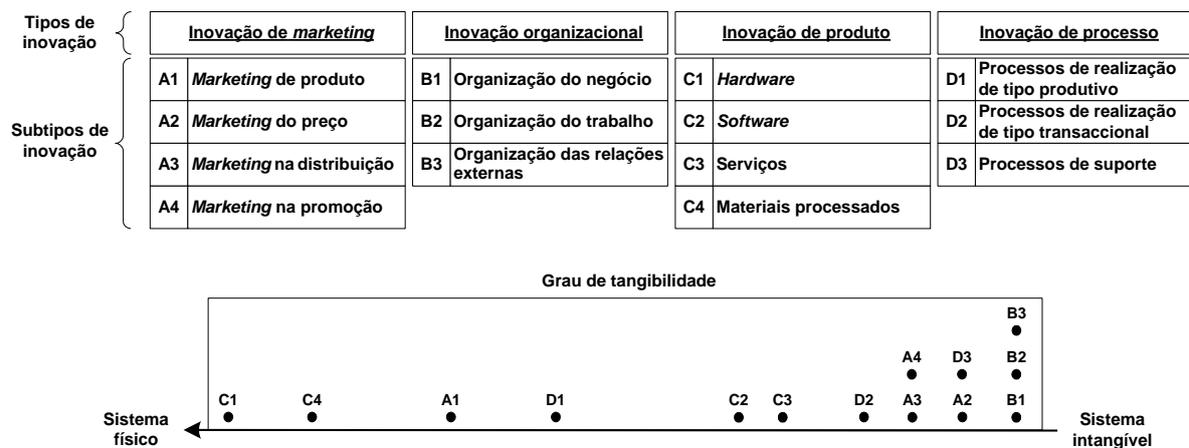


Figura 5.9 – Graus de tangibilidade típicos dos sistemas de interesse enquadrados em cada uma das categorias de inovação, referentes aos quatro tipos de inovação,

5.2.1.3. Relação entre as categorizações propostas para as dimensões morfologia e maturidade

Uma vez definidas e discutidas as categorizações para os factores maturidade e morfologia, pode concluir-se que a escolha da abordagem metodológica¹², a adoptar num projecto Seis Sigma, depende do nível de inovação envolvido no âmbito desse projecto. Projectos puramente de DFSS são essencialmente desencadeados em contextos de inovação radical ou substancial. Pode igualmente

¹² O modelo de gestão do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, apresentado na secção 5.3, detalha o processo conducente à escolha do mapa metodológico mais apropriado a adoptar na realização de projectos Seis Sigma.

concluir-se que os projectos Seis Sigma, incluindo aqueles que se insiram numa abordagem de DFSS, podem incidir sobre qualquer categoria de morfologia do sistema de interesse. A figura 5.10, inspirada na estratégia de criação de valor ICRA, indica todas as possíveis contextualizações para a realização de projectos Seis Sigma, considerando as diferentes combinações de morfologia e maturidade do sistema de interesse.

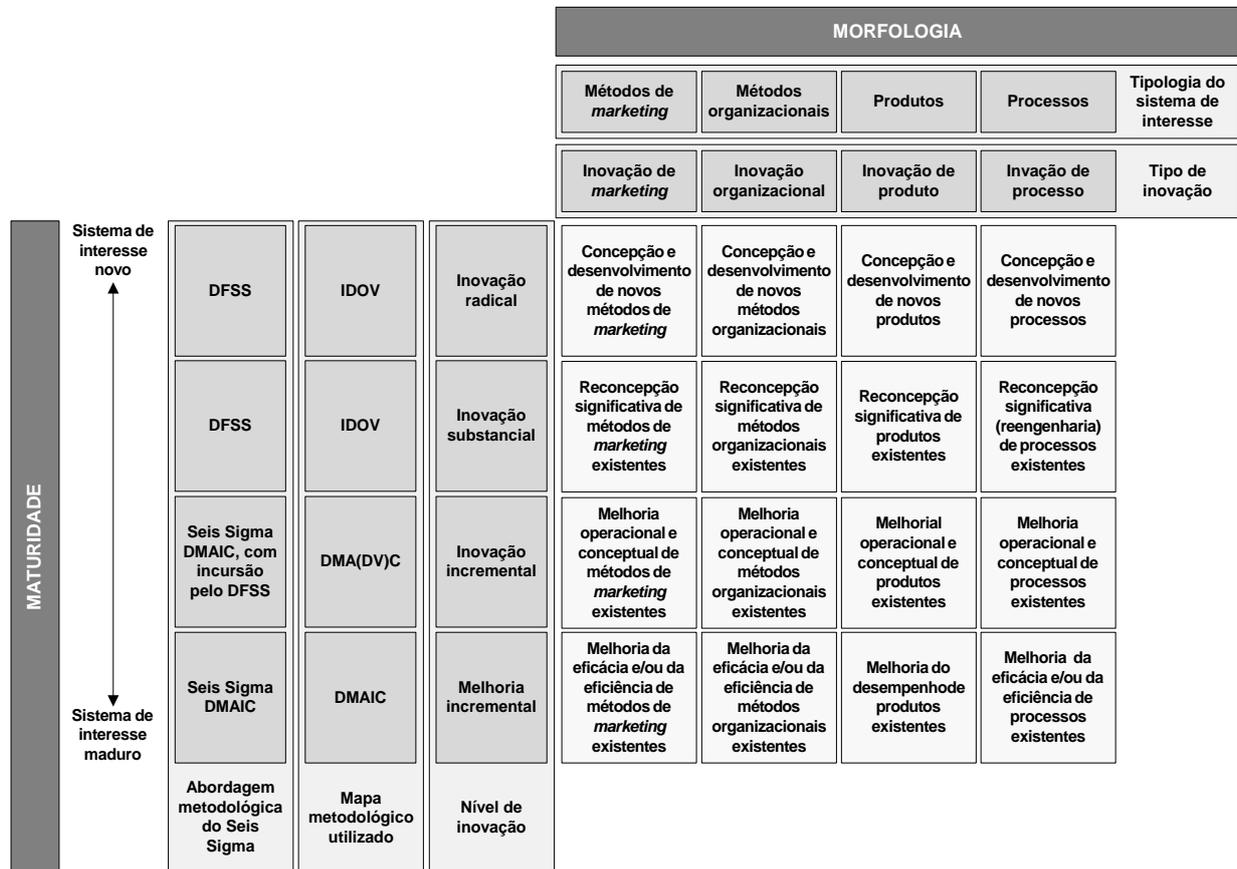


Figura 5.10 – Enquadramento e âmbito dos projectos Seis Sigma, atendendo à relação entre as diferentes categorias definidas para as dimensões morfologia e maturidade.

5.2.2. Variedade

A dimensão variedade, num contexto de concepção e desenvolvimento de sistemas, emerge fundamentalmente do facto de haver heterogeneidade e/ou evolução nas necessidades e expectativas dos clientes e/ou de outras partes interessadas relevantes, bem como de outros requisitos aplicáveis. O tema da variedade tem sido tradicionalmente tratado no âmbito do desenvolvimento de produto, mas a discussão presente nesta secção procura estender esta importante dimensão a outras morfologias de sistema. Deste modo, as categorias propostas para a dimensão variedade são válidas para qualquer tipologia, mais ou menos tangível, que caracterize o sistema de interesse.

O termo “variedade” é habitualmente usado para designar situações em que o processo de concepção e desenvolvimento envolve o projecto/desenho simultâneo de mais do que uma variante

(e.g. linha de produto) de um determinado sistema. Tal intuito é geralmente conseguido através do desenvolvimento de uma plataforma comum, a partir da qual podem derivar diferentes variantes, dirigidas para satisfazer os requisitos de distintos segmentos de clientes, conforme se ilustrou na figura 3.11. Sivard (2000) apelida esta situação de variedade espacial.

Martin (1999) faz uma importante distinção entre variedade espacial e variedade geracional, conforme se representa na figura 5.11. A última delas diz respeito às diferenças conceptuais existentes entre gerações, lançadas em diferentes momentos temporais, de um dado sistema ou de uma determinada família de variantes de um mesmo sistema.

A criação e o lançamento de novas gerações, deriva geralmente da necessidade de adequar o sistema à evolução das expectativas dos clientes, aos novos paradigmas tecnológicos, à existência de novos requisitos legais, ou ainda, entre outros eventuais factores, como resposta às soluções oferecidas por empresas concorrentes. A variedade geracional é mais frequente ocorrer quando o sistema de interesse é um produto, sendo este comercializado em mercados que se podem considerar dinâmicos.

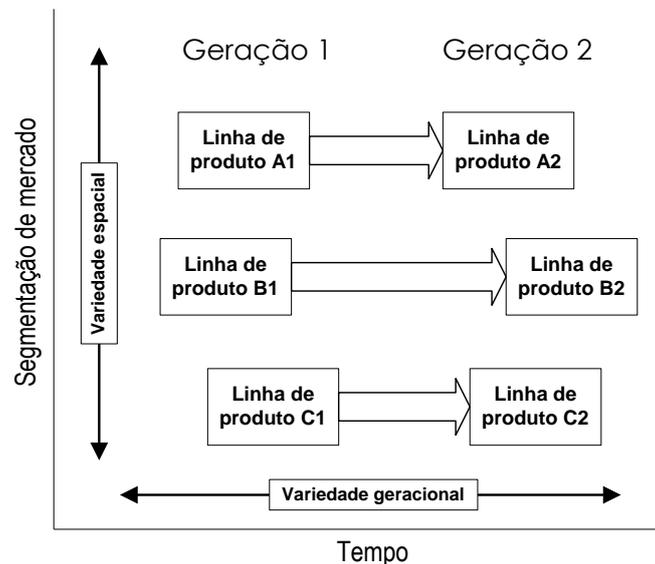


Figura 5.11 – Variedade espacial e geracional (adaptado de: Martin, 1999).

Para identificar situações de variedade geracional, é importante começar por antecipar quais as necessidades, expectativas e outros requisitos dos clientes e de outras partes interessadas, que são mais susceptíveis de virem a sofrer mudanças ou evoluções futuras. É depois necessário compreender a génese dessas potenciais mudanças e o sentido expectável das evoluções para que, no espaço das soluções, se possam definir os parâmetros de projecto mais adequados e tomar as decisões conceptuais mais acertadas, a nível da arquitectura do sistema, de modo a minimizar:

- A necessidade de ter que vir a proceder a alterações ao projecto/desenho do sistema, com o conseqüente lançamento de uma nova geração.
- A magnitude das alterações conceptuais a introduzir no sistema, isto é, o esforço de reconcepção (que implicará maior duração do projecto de C&D e custos acrescidos), sempre que venha a ser necessário projectar/desenhar uma nova geração desse sistema.

Um terceiro tipo de variedade é a designada variedade temporal, que ocorre quando o conjunto de requisitos funcionais, que um determinado sistema terá de satisfazer ao longo do seu período útil de vida, pode mudar ao longo do tempo. Isto obriga a que a arquitectura do sistema seja concebida de modo a que o sistema tenha a capacidade e flexibilidade necessárias para se adaptar a essas mudanças temporais dos requisitos funcionais. Este tipo de variedade foi ilustrado na figura 3.13.

Resumindo, nesta tese são definidas três categorias para a dimensão variedade. O quadro 5.4 enuncia os principais aspectos e definições que caracterizam cada uma dessas categorias. É importante notar que, no limite, estes três tipos de variedade podem ter que ser tidos em conta num mesmo projecto de DFSS. A dimensão variedade não tem, em geral, aplicabilidade na categoria de melhoria incremental (projectos Seis Sigma usando o mapa DMAIC) da dimensão maturidade.

Quadro 5.4 – Categorias propostas para a dimensão variedade e suas características principais.

Variedade espacial	Variedade geracional	Variedade temporal
<ul style="list-style-type: none"> • A heterogeneidade dos requisitos de projecto é contemplada através do desenho de diferentes variantes do sistema de interesse, que partilham uma mesma plataforma de elementos de solução. • O objectivo, ao lidar com este tipo de variedade, é o de maximizar a adopção de soluções de projecto que sejam comuns às diversas variantes, garantindo simultaneamente que a heterogeneidade dos requisitos é respeitada. 	<ul style="list-style-type: none"> • A heterogeneidade dos requisitos de projecto é consequência de mudanças ou evoluções nas preferências dos clientes, nas tecnologias, nas regras de mercado, entre outros factores, levando à necessidade de desenhar nova(s) geração(ões) do sistema de interesse. • O objectivo, ao lidar com este tipo de variedade, é o de minimizar as necessidades de efectuar alterações às soluções de projecto, em futuras gerações do sistema de interesse. 	<ul style="list-style-type: none"> • A heterogeneidade dos requisitos de projecto manifesta-se na incerteza sobre os requisitos funcionais que o sistema de interesse terá de satisfazer no seu período útil de vida, e sobre o momento em que os mesmos ocorrem. • O objectivo, ao lidar com este tipo de variedade, é o de maximizar a flexibilidade do sistema de interesse para conseguir cumprir capazmente todos os requisitos funcionais que tenha que satisfazer ao longo do seu tempo útil de vida, independentemente dos instantes em que ocorram.

5.3. Modelo proposto para a gestão do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma

O diagrama da figura 5.12 representa o modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, proposto nesta tese, composto pela sequência das cinco fases indicadas. A capacidade de gerir eficazmente os processos inerentes ao ciclo de vida dos projectos facilita a integração do Seis Sigma com diferentes referenciais de gestão, conforme foi discutido no capítulo 4. A quarta fase do modelo representado contém as abordagens metodológicas para a realização de projectos Seis Sigma, incluindo a metodologia de DFSS proposta na secção 5.4 deste capítulo, materializada através do mapa IDOV (para projectos envolvendo inovação radical ou inovação substancial).

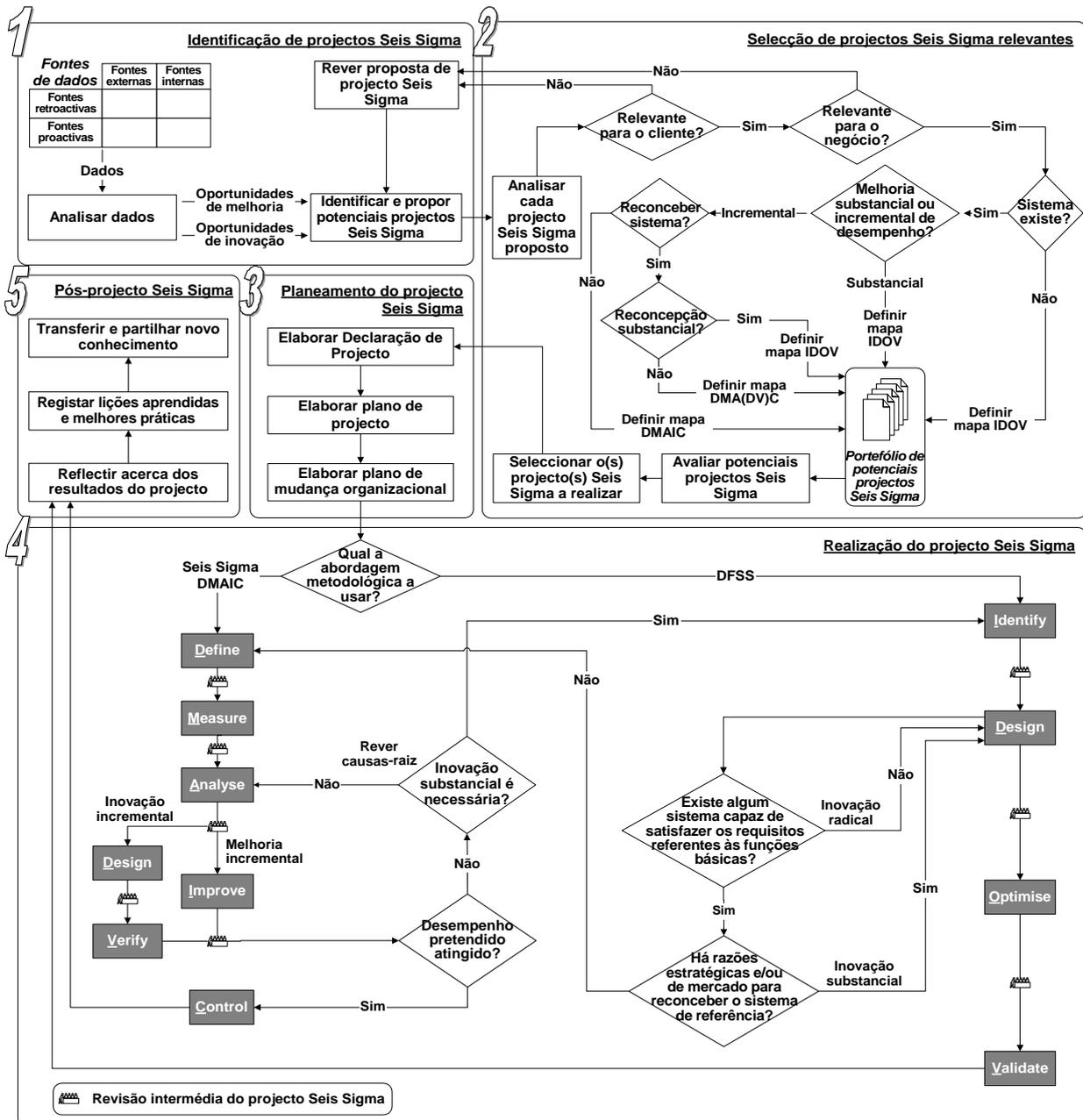


Figura 5.12 – Modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, proposto na tese.

Os principais contributos deste modelo, descrito em detalhe ao longo das próximas subsecções, residem nos seguintes aspectos:

- Fornece um processo sistemático para concretizar todas as actividades fundamentais à gestão eficaz do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, nomeadamente:
 - Identificação de potenciais projectos Seis Sigma.
 - Avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma.
 - Selecção dos projectos Seis Sigma que devem ser realizados.
 - Planeamento dos projectos Seis Sigma a realizar.
 - Realização dos projectos Seis Sigma seleccionados.
 - Execução das actividades de pós-projecto Seis Sigma.

- Estabelece as actividades e os critérios necessários à definição, o mais a montante possível do ciclo de vida, da abordagem metodológica mais indicada, e do respectivo mapa a adoptar, para cada projecto Seis Sigma.
- Permite tirar partido das simbioses entre o Seis Sigma DMAIC e o DFSS, possibilitando que se possa transitar, se necessário, entre diferentes mapas metodológicos sem comprometer, de modo significativo, o trabalho realizado até ao momento em que essa transição se dá.
- Viabiliza a realização de qualquer tipo de projecto Seis Sigma, independentemente do nível de inovação a ele subjacente e da tipologia do sistema de interesse, isto é, em qualquer contexto de morfologia e maturidade, conforme indicado na figura 5.10.

5.3.1. Fase 1 – Identificação de potenciais projectos Seis Sigma

A identificação de potenciais projectos Seis Sigma tem lugar após a identificação de oportunidades de inovação e/ou de melhoria. Tipicamente, oportunidades de melhoria originam possíveis projectos Seis Sigma a executar de acordo com o ciclo DMAIC, enquanto que oportunidades de inovação costumam originar potenciais projectos a realizar de acordo com a abordagem de DFSS.

A identificação de oportunidades de melhoria e/ou de inovação é o resultado da análise cuidada de um espectro alargado e completo de dados, com origem na organização (fontes internas) ou fora desta (fontes externas), como, por exemplo, em clientes, fornecedores, parceiros, concorrentes, entidades reguladoras, entre outros possíveis. Sugere-se ainda que as fontes de informação sejam classificadas como retroactivas (dados referentes a resultados ou a acontecimentos já ocorridos) e proactivas (dados que apenas podem ser gerados por meio de determinadas acções ou iniciativas), o que permite organizar as fontes de dados numa matriz de quatro quadrantes, como a da figura 2.7.

Os potenciais projectos Seis Sigma são identificados, no seio de uma organização, pela(s) pessoa(s) que desempenham a função conhecida por *Sponsor*, propondo a sua realização ao *Champion*, ou grupo de *Champions*, da organização. A descrição e contextualização, tão completas quanto possível, que possam ser feitas de cada potencial projecto Seis Sigma, quando este é proposto, devem ser fornecidas. Essa contextualização deve indicar qual o sistema de interesse associado ao projecto.

5.3.2. Fase 2 – Selecção de projectos Seis Sigma relevantes

Depois de propostos pelo(s) *Sponsor(s)*, os potenciais projectos Seis Sigma são analisados por um *Champion*. Caso se conclua que determinada proposta de projecto não é relevante para o negócio da organização ou para a satisfação dos clientes, a mesma é devolvida ao respectivo *Sponsor* para revisão e reformulação. A decisão sobre qual a vertente metodológica a adoptar em cada possível projecto Seis Sigma deve ser tomada ainda antes de o mesmo ser adicionado ao portefólio de potenciais projectos. Os seguintes critérios, em linha com o quadro 5.1, ajudam à tomada dessa decisão:

- Caso o sistema de interesse ainda não exista, sinalizado pela ausência de um conceito que possa servir de referência, o potencial projecto deve ser enquadrado numa abordagem de DFSS através do mapa IDOV, pois trata-se de uma situação de inovação radical.

- Se o objectivo preconizado no projecto for o de melhorar os níveis de desempenho do sistema de interesse existente, sem que tal envolva, expectavelmente, quaisquer actividades de reconcepção, o potencial projecto deve ser contextualizado no mapa DMAIC.
- Quando se souber de antemão que um dos objectivos do potencial projecto é o de introduzir incrementos substanciais no desempenho do sistema de interesse, o mapa IDOV do DFSS é a abordagem metodológica mais adequada a definir.
- Caso se perspetive que a melhoria incremental do desempenho do sistema de interesse possa envolver algum tipo de reconcepção, que nunca será substancial, deve contemplar-se a possibilidade de adoptar o mapa DMA(DV)C, caso o potencial projecto seja realizado.

O portefólio de potenciais projectos Seis Sigma contém todos os projectos propostos, considerados viáveis e relevantes, já devidamente contextualizados e enquadrados na abordagem metodológica do Seis Sigma que provavelmente será adoptada, caso venham a ser realizados. Este portefólio é dinâmico e deve, por isso, ser continuamente gerido.

Os potenciais projectos que constam do portefólio são periodicamente avaliados face a um conjunto pré-definido de critérios. Ao desenvolver o modelo representado na figura 5.12, pretendeu-se dotá-lo da máxima flexibilidade, pelo que o mesmo não recomenda critérios específicos para a avaliação dos possíveis projectos Seis Sigma; ao invés, deixa liberdade de escolha às organizações para definirem os critérios que considerarem mais adequados ao seu caso concreto. O quadro 2.8 do capítulo 2 indica os critérios de avaliação que são mais utilizados.

O modelo proposto recomenda que a avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma, conducente à selecção dos mais promissores, face aos critérios pré-definidos, seja apoiada pela utilização de métodos ou técnicas de apoio à decisão. Novamente, deixa-se à consideração de quem efectua a avaliação a escolha desse método/técnica. O quadro 2.9 do capítulo 2 menciona um leque alargado de técnicas ou métodos que podem ser usados na avaliação e selecção de projectos Seis Sigma.

5.3.3. Fase 3 – Planeamento do projecto Seis Sigma

O modelo explicita uma fase de planeamento antes da realização do projecto. Isto permitirá à equipa, possivelmente na posse de informação adicional e mais conhecimento sobre o âmbito do projecto Seis Sigma, confirmar ou redefinir a abordagem metodológica a prosseguir durante a sua realização. Desta fase deve resultar a elaboração dos seguintes documentos:

- *Declaração de Projecto* – Contém a informação fundamental acerca do projecto Seis Sigma. Do apêndice XVI consta a proposta da tese para este importante documento.
- *Plano de projecto* – Contém, pelo menos, o cronograma ou gráfico de Gantt (para a programação temporal do projecto) e uma matriz RACI (para a definição e comunicação de papéis e responsabilidades no seio da equipa de projecto).
- *Plano de mudança organizacional* – Inclui um plano de comunicação (ver proposta apresentada no apêndice XII.1), plano de comprometimento (ver proposta apresentada no apêndice XII.2) e análise de risco ao êxito do projecto (e.g. através de uma abordagem baseada na FMEA).

5.3.4. Fase 4 – Realização do projecto Seis Sigma

A quarta fase do modelo apresenta os diferentes mapas metodológicos que podem ser adoptados na realização de um projecto Seis Sigma, em função do nível de inovação associado a cada um deles. Esse nível de inovação, conforme se indica na figura 5.10, está relacionado com a maturidade do sistema de interesse. Durante a execução do projecto Seis Sigma, e à medida que nova informação vai ficando disponível, a equipa vai amadurecendo o conhecimento acerca do projecto, podendo chegar à conclusão de que a abordagem metodológica escolhida inicialmente não é a mais indicada (Cronemyr, 2007). Por este motivo, o modelo identifica também as simbioses existentes entre os mapas metodológicos e os pontos-chave onde as equipas de projecto podem transitar de mapa, caso tal se revele necessário, sem que tal comprometa de modo significativo o trabalho até aí desenvolvido.

A figura 5.13 descreve em detalhe as actividades que devem realizar-se nos mapas metodológicos DMAIC (projectos Seis Sigma associados a melhoria incremental) e DMA(DV)C (projectos Seis Sigma associados a inovação incremental).

DEFINE	<ul style="list-style-type: none"> Identificar os principais clientes e outras partes interessadas relevantes. Estabelecer áreas prioritárias de melhoria incremental. Recolher, analisar e interpretar as "vozes" e "imagens" dos clientes, em consonância com as áreas prioritizadas. Determinar as necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas relevantes. Determinar outros requisitos aplicáveis, considerando o sistema de interesse e o âmbito do projecto. Estabelecer a(s) CTQC(s) e respectiva(s) definição(ões) operacional(ais), associada(s) às necessidades e requisitos determinados. 	
MEASURE	<ul style="list-style-type: none"> Definir as métricas a utilizar na medição dos níveis de desempenho relativos à(s) CTQC(s) definida(s). Analisar e validar o sistema de medição, se aplicável. Recolher e analisar os dados necessários à medição da estimativa dos níveis de desempenho. Estimar os actuais níveis de desempenho relativamente à(s) CTQC(s) definida(s). Definir objectivos de desempenho de acordo com o princípio SMART. 	
ANALYSE	<ul style="list-style-type: none"> Identificar possíveis causas para que o desempenho estimado/medido na fase anterior seja inferior ao objectivado. Estudar as possíveis causas e as suas interacções e analisar o efeito, ou potencial efeito, que provocam na(s) CTQC(s). Determinar a(s) possível(eis) causa(s)-raiz para o facto de os níveis de desempenho serem inferiores aos objectivados. Confirmar a(s) causa(s)-raiz. Uma vez apurada(s) a(s) causa(s)-raiz, verificar se a melhoria do desempenho pretendida requer reconcepção ou não. 	
IMPROVE	DESIGN	<ul style="list-style-type: none"> Identificar o(s) requisito(s) funcionais correspondente(s) à(s) CTQC(s) cujo desempenho se quer melhorar. Determinar o(s) elemento(s) de solução (ou parâmetro(s) de projecto) do sistema de interesse, situado(s) ao nível-folha, que afecta(m) o(s) requisito(s) funcional(ais). Redefinir esse(s) elemento(s) de solução situado(s) ao nível-folha e otimizar as decisões conceptuais.
	VERIFY	<ul style="list-style-type: none"> Efectuar testes/ensaios ao sistema de interesse. Verificar os novos níveis de desempenho atingidos. Otimizar o desempenho funcional/operacional relativamente à(s) CTQC(s). Validar a nova solução conceptual para o sistema de interesse, após confirmação da melhoria do desempenho relativamente ao que fora estimado na fase de <i>Measure</i>.
CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> Institucionalizar e sistematizar os novos procedimentos e boas práticas. Definir planos de medição, monitorização e controlo que permitam assegurar a estabilidade e o bom funcionamento do sistema de interesse relativamente à(s) CTQC(s). 	

Figura 5.13 – Principais actividades associadas aos mapas metodológicos DMAIC e DMA(DV)C.

Tais actividades estão em consonância com as regras aplicáveis a cada categoria estabelecida para o factor maturidade, conforme discutido na subsecção 5.2.1.2. As técnicas e ferramentas usadas em cada fase dos mapas DMAIC e DMA(DV)C estão indicados no apêndice XIII. Na secção 5.4 é

apresentada e discutida a metodologia de DFSS proposta no âmbito desta tese, que se aplica a situações de inovação substancial ou radical, assente no mapa IDOV.

Entre cada transição de fase, independentemente do mapa metodológico usado, é efectuada uma revisão intermédia formal ao projecto Seis Sigma. Dela devem participar o líder técnico do projecto (normalmente o *Black Belt*), o seu *Sponsor*, membro(s) da equipa e, desejavelmente, um *Champion*. Estes analisam o progresso do projecto Seis Sigma, nomeadamente os resultados obtidos e as conclusões retiradas até ao momento da revisão. Da revisão intermédia, sai a decisão acerca da passagem à próxima fase do projecto, do retorno a uma fase anterior, ou do abandono do projecto.

5.3.5. Fase 5 – Pós-projecto Seis Sigma

A fase de pós-projecto contempla a elaboração do relatório do projecto Seis Sigma, onde deve constar o seguinte: a descrição das actividades realizadas ao longo das fases do mapa metodológico utilizado no projecto, os resultados alcançados, as principais conclusões resultantes da recolha, tratamento e análise de dados, assim como também uma reflexão sobre as lições aprendidas no desenrolar do projecto. A informação mais relevante contida neste relatório¹³, incluindo as melhores práticas e as conclusões-chave que derivaram do projecto, deve ser partilhada por outras áreas da organização que dela possam beneficiar.

5.4. Metodologia de DFSS proposta

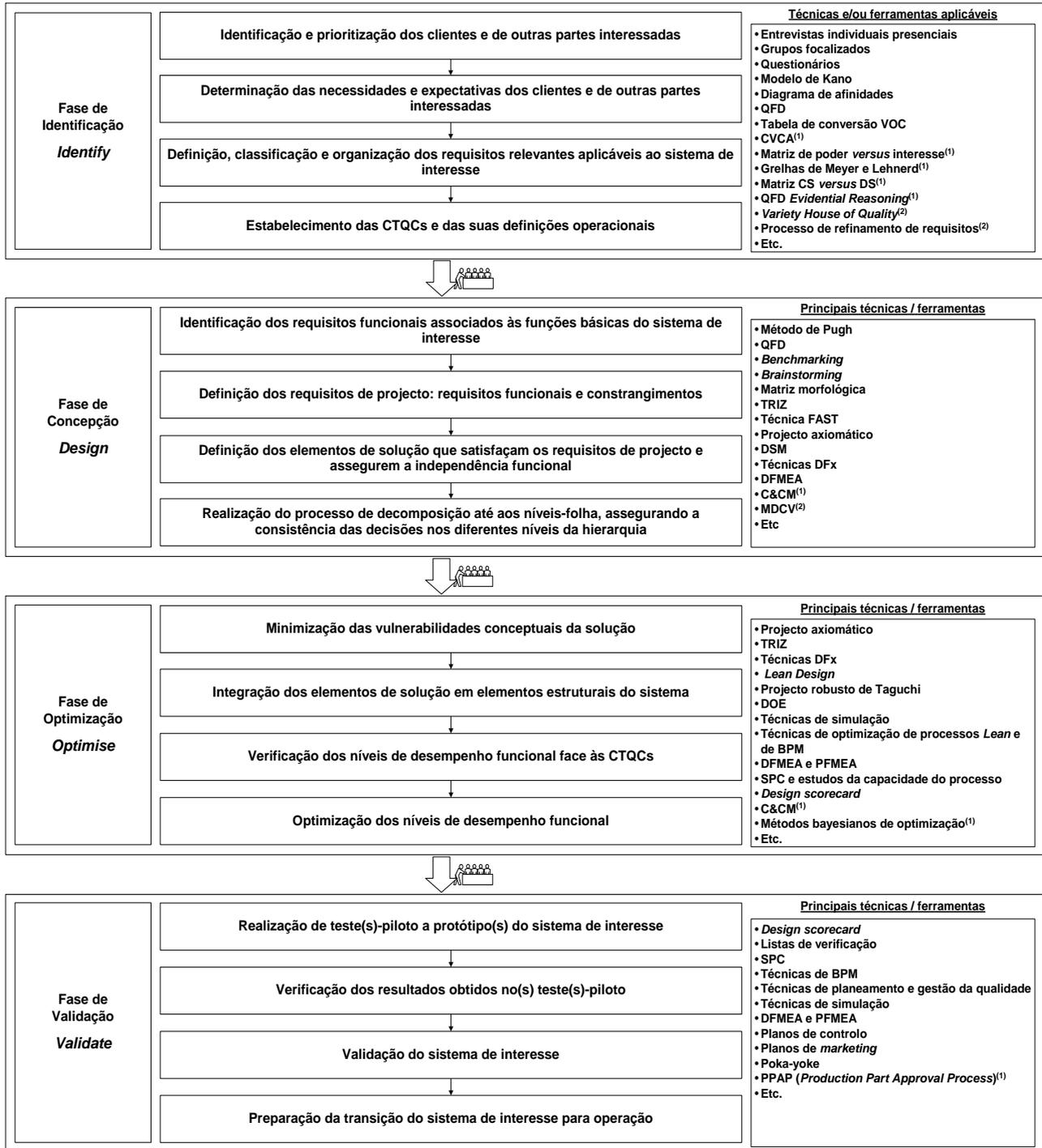
A metodologia de DFSS apresentada nesta secção, esquematizada na figura 5.14, é aplicável a categorias da dimensão maturidade que estão associadas a contextos de inovação radical ou de inovação substancial, sendo por essa razão adoptado o mapa IDOV, em concordância com a matriz da figura 5.10. As principais contribuições desta metodologia de DFSS são as seguintes:

- Ampliar o leque de técnicas/ferramentas disponíveis para serem usadas em projectos de DFSS.
- Fornecer linhas de orientação, incluindo a recomendação de técnicas e ferramentas a usar, que permitam às equipas de projecto desenvolver as actividades mais adequadas e tomar as decisões mais acertadas perante diferentes:
 - Situações de maturidade conceptual do sistema de interesse, nomeadamente aquelas associadas a inovação substancial *versus* inovação radical.
 - Tipologias de sistema de interesse, associadas à dimensão morfologia, considerando a categorização estabelecida na subsecção 5.2.1.2.
 - Contextos de variedade, atendendo à categorização definida na subsecção 5.2.2.
- Aumentar a aptidão, face àquilo que as actuais metodologias de DFSS permitem, para identificar todas as partes interessadas relevantes no sistema de interesse, determinar as interrelações entre as mesmas e compreender o seu papel na cadeia de valor do sistema.

¹³ Tipicamente, o relatório de um projecto Seis Sigma contém entre 10 a 15 páginas e a sua estrutura está organizada de acordo com a sequência dada pelo mapa metodológico utilizado no projecto.

5. Metodologia de DFSS considerando três factores: morfologia, maturidade e variedade

- Tipificar as funções, constrangimentos e elementos de solução para assim melhor adequar as decisões conceptuais às especificidades de um determinado sistema de interesse.
- Incorporar princípios e técnicas, oriundos da Análise do Valor, nas actividades de concepção do sistema, particularmente naquelas que decorrem do processo de decomposição.
- Propor regras, métodos e linhas de orientação que auxiliem as equipas de projecto a assegurar a consistência das decisões tomadas durante o processo de decomposição.



Revisão intermédia do projecto Seis Sigma (*tollgate*)

(1) Técnicas/ferramentas, oriundas de outras metodologias de C&D, se propõe serem usadas em projectos de DFSS

(2) Técnicas/ferramentas desenvolvidas nesta tese que se propõe serem usadas em projectos de DFSS

Figura 5.14 – Metodologia de DFSS proposta na tese, baseada no mapa IDOV.

Note-se que, à semelhança do que sucede com qualquer outra metodologia de DFSS proposta na literatura, o leque de técnicas e ferramentas potencialmente aplicáveis é mais vasto do que aquelas indicadas, conforme se verá ao longo desta secção. A figura 5.14 esquematiza ainda os pontos onde devem ocorrer as revisões intermédias formais de cada projecto de DFSS realizado.

Nas subsecções seguintes detalham-se as etapas que se inserem nas fases do mapa IDOV.

5.4.1. Fase de Identificação – Identify

Esta fase é composta pelas seguintes etapas, cada uma constituída por uma série de actividades:

- 1) Identificação e prioritização dos clientes e de outras partes interessadas.
- 2) Determinação das necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas.
- 3) Definição, classificação e organização dos requisitos relevantes aplicáveis ao sistema de interesse.
- 4) Estabelecimento das CTQCs e das suas definições operacionais.

5.4.1.1. Identificação e prioritização dos clientes e de outras partes interessadas

O Seis Sigma, enquanto sistema de gestão, incorpora o princípio da qualidade relativo à focalização no cliente (McCarty *et al.*, 2004; Yang, 2008). Todos os projectos Seis Sigma, principalmente os de DFSS, começam nos clientes (Bañuelas e Antony, 2002). Ademais, não apenas os clientes externos e internos, mas igualmente de outras partes interessadas, ou *stakeholders*, devem ser considerados numa abordagem de DFSS (Ginn e Varner, 2004; Jugulum e Samuel, 2008; Corbett, 2011).

Nesta primeira etapa da metodologia de DFSS, as seguintes seis actividades devem ser cumpridas:

- i. Identificação de grupos, individuais e/ou colectivos, de clientes a ter em conta.
- ii. Identificação de outras partes com interesse no sistema de interesse, que se pretende conceber e desenvolver.
- iii. Determinação do papel desempenhado por esses clientes e por outras partes interessadas no ciclo de vida do sistema de interesse.
- iv. Determinação das principais interrelações existentes entre os clientes e outras partes interessadas.
- v. Prioritização dos clientes e das outras partes interessadas identificados.
- vi. Segmentação dos clientes, se aplicável, e definição dos segmentos-alvo.

Para realizar com êxito as primeiras quatro actividades, sugere-se a utilização da técnica conhecida por CVCA (*Customer Value Chain Analysis*), desenvolvida por Ishii (2001). Donaldson *et al.* (2006) descrevem, passo a passo e com vários exemplos, a construção de um CVCA. Na figura 5.15 exemplifica-se a construção de um CVCA para o caso de um motor de avião (o sistema de interesse) concebido, desenvolvido e produzido pela empresa *GE Aircraft Engines*. A versão final do CVCA é obtida no terceiro passo, onde é possível visualizar o posicionamento de cada uma das partes

interessadas, incluindo o dos construtores dos aviões (os clientes directos da *GE Aircraft Engines*), na cadeia de valor de um motor de avião, bem como captar as principais relações entre essas partes interessadas através de transacções e diversos tipos de fluxos que circulam entre eles. O CVCA não é uma técnica habitualmente proposta nas metodologias de DFSS existentes, que, em geral, ignoram a importância de compreender em detalhe as interrelações entre os vários *stakeholders* e o papel destes no ciclo de vida do sistema de interesse. O CVCA é aplicável a qualquer tipologia de sistema e em contextos tanto de inovação radical como de inovação substancial.

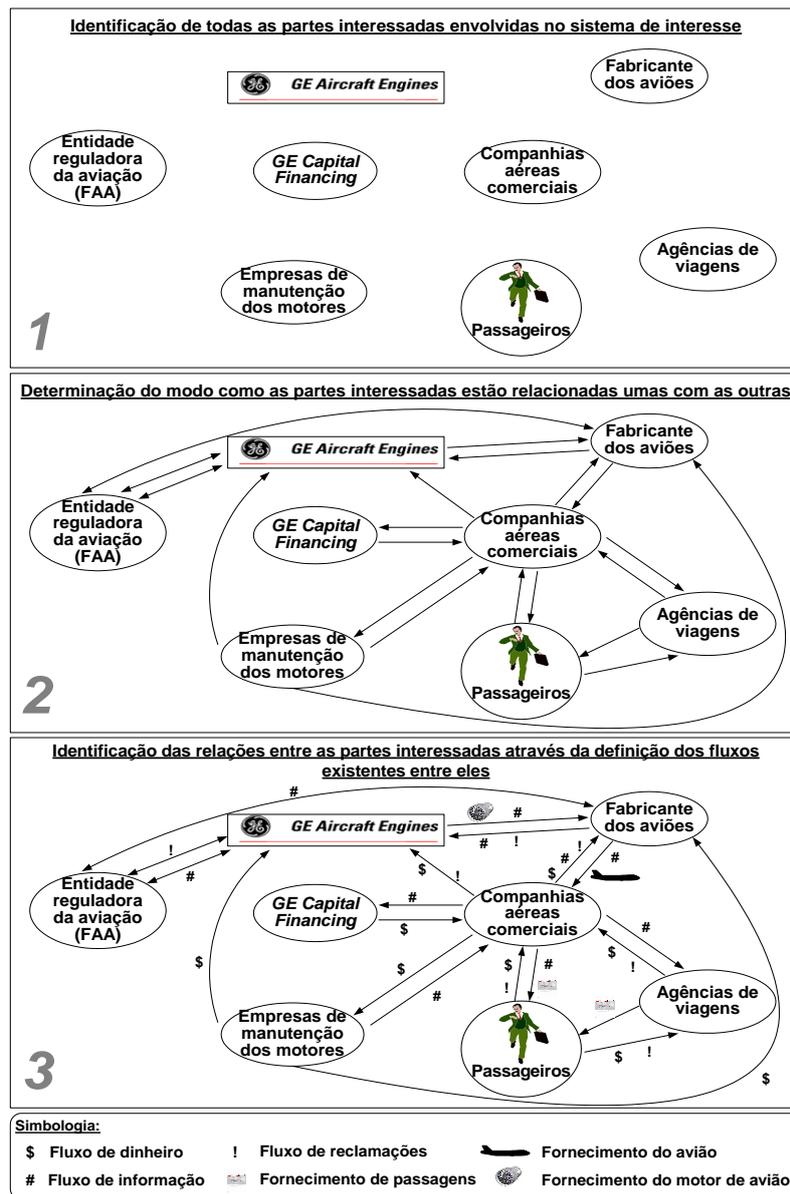


Figura 5.15 – Exemplo da construção de um CVCA (adaptado de: Ishii, 2001).

Para proceder à priorização do(s) cliente(s) e de outra(s) parte(s) interessada(s) identificadas através do CVCA, propõe-se a utilização de uma matriz de poder *versus* interesse, cujo formato, composto por quatro quadrantes, é apresentado na figura 5.16. O eixo relativo ao “poder” diz respeito à influência de determinado cliente ou outra parte interessada na afectação do ciclo de vida do sistema que se vai conceber e desenvolver; o outro eixo prende-se com o “interesse” desse cliente ou

parte interessada, na forma de vantagens ou conveniência, no sistema. Os clientes e outras partes interessadas que se enquadrem no quadrante superior direito (*stakeholders-chave*), devem ser prioritizados. O trabalho apresentado por Bryson (2004) fornece um amplo e completo conjunto adicional de técnicas que podem ser aplicadas à identificação e prioritização de *stakeholders*.

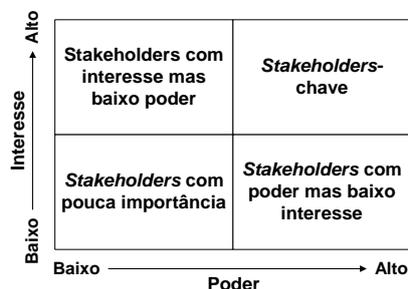


Figura 5.16 – Matriz de poder versus interesse (adaptado de: Bryson, 2004).

Nesta etapa é também importante, quando aplicável, efectuar a segmentação dos clientes, ou de grupos de clientes, prioritizados anteriormente. Para este efeito, a literatura sobre DFSS tem fornecido várias soluções; por exemplo, Ginn e Varner (2004) sugerem a utilização de um diagrama em árvore; Brue e Launsby (2003) e Gitlow *et al.*, (2006) optam por usar um diagrama SIPOC; Creveling *et al.* (2006) preferem recorrer à análise de *clusters* e/ou à análise conjunta (tradução do termo inglês *conjoint analysis*), enquanto que Lunau *et al.* (2009) adoptam uma matriz inspirada na matriz 5W1H. Técnicas como o diagrama em árvore, SIPOC e o 5W1H são mais adequadas para proceder à segmentação quando os dados disponíveis têm uma natureza qualitativa; pelo contrário, a análise de *clusters* e a análise conjunta são indicadas para dados quantitativos.

Eventualmente, nem todos os segmentos resultantes serão igualmente relevantes para o âmbito do projecto de DFSS; assim sendo, pode haver necessidade de os prioritar. Alguma da literatura sobre DFSS sugere técnicas/ferramentas para concretizar este objectivo, nomeadamente, a análise ABC assente no princípio de Pareto (Lunau *et al.*, 2009), as matrizes de prioridades (Brue e Launsby, 2003), e o AHP (*Analytical Hierarchy Process*), este último método proposto por Mazur e Huber (2002).

A existência de diferentes segmentos de clientes relevantes é um indício, mas não uma confirmação, de que o projecto de DFSS poderá envolver situações de variedade espacial e/ou temporal.

5.4.1.2. Determinação das necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas

Nesta etapa, a seguinte sequência de actividades deve ser realizada, sendo aplicável em qualquer tipologia do sistema de interesse e no âmbito de um projecto de DFSS que envolva inovação radical ou inovação substancial:

- i. Recolha das “vozes” e “imagens” dos clientes e das outras partes interessadas relevantes, através de mecanismos retroactivos.
- ii. Recolha das “vozes” e “imagens” dos clientes e das outras partes interessadas relevantes, através de mecanismos proactivos qualitativos.

- iii. Determinação das necessidades e expectativas dos clientes e das outras partes interessadas relevantes.

A recolha das “vozes” e “imagens” dos clientes é uma fase essencial, na medida em que permitirá determinar, o mais fielmente possível, as necessidades e expectativas destes (Shiba, 2001). Deve visar os clientes e respectivos segmentos, caso existam, que foram prioritizados na etapa anterior da metodologia. Para além dos clientes, a recolha de “vozes” e “imagens” deve abranger igualmente as outras partes interessadas (Jugulum e Samuel, 2008) que também foram prioritizadas.

O conceito de “voz” refere-se à descrição, verbal e/ou escrita, tal qual é proferida pelo cliente ou parte interessada, sobre a sua experiência e os seus desejos, actuais e futuros, relativamente ao sistema de interesse. O conceito de “imagem” diz respeito à descrição visual evidenciada ou manifestada pelo cliente ou parte interessada relativamente ao sistema de interesse. O conjunto de “vozes” e “imagens” obtido constitui os dados de raiz que, uma vez analisados e interpretados, fornecem a oportunidade de determinar as suas necessidades, mesmo as latentes, e expectativas em relação ao sistema que se pretende conceber e desenvolver.

Conforme salientam Ginn e Varner (2004) e Yang (2008), constitui uma boa prática começar a recolha das “vozes” e “imagens” através de métodos, ou mecanismos, retroactivos. É um importante passo, muitas vezes designado por “pesquisa de secretária” (Hague e Jackson, 1996). Isto significa começar-se por efectuar um levantamento dos dados existentes, que estejam disponíveis ou possam ser acedidos de algum modo. Listam-se de seguida alguns exemplos de fontes retroactivas de dados, que permitem a recolha de um conjunto inicial de “vozes” e “imagens”:

- Reclamações e sugestões, provenientes de clientes e de outras partes interessadas.
- Relatórios técnicos, comerciais e de vendas.
- Registos escritos, em audio e/ou em vídeo contendo dados relevantes.
- Relatórios da entidade reguladora.
- Estudos de mercado, realizados interna e/ou externamente, já publicados.
- Artigos publicados em revistas e jornais sobre preferências de consumos.

A tradução ou conversão do conjunto inicial de “vozes” e “imagens” em necessidades e expectativas concretas pode ser realizada através de uma tabela de conversão VOC (*Voice of the Customer*), como aquela cuja estrutura está representada no quadro 5.5. O levantamento inicial de “vozes” e “imagens” gerará um conhecimento adicional que permitirá à equipa de projecto planear e concretizar, mais eficazmente, a recolha proactiva das “vozes” e “imagens”, e pode ser prosseguida através da utilização de uma ou mais das seguintes técnicas:

- Entrevistas individuais presenciais – detalhes sobre esta técnica em Shiba (2001).
- Entrevistas *laddering* – detalhes relativos a esta técnica em Reynolds e Gutman (1988).
- Grupos focalizados (*Focus groups*) – detalhes acerca da técnica em Alreck e Settle (2004).
- Métodos etnográficos – detalhes da técnica em Yang (2008).
- Casos de uso (*Use cases scenario*) – detalhes sobre esta técnica em Ishii (2001).

- Observação directa – detalhes desta técnica em Yang (2008).

Quadro 5.5 – Tabela de conversão VOC, com exemplo para uma loja de venda de hamburgueres.

"Vozes" e "imagens" recolhidas				Tradução das "vozes" e "imagens"				
Quem?	Como?	"Voz" ou "Imagem"	Necessidade	Métrica	Valor-alvo	Solução	Ponto-chave	Necessidade/expectativa
Consumidores na loja	Entrevista presencial	<i>O molho para os hamburgueres deve vir em saquetas</i>				X	Molho para os hamburgueres	Disponibilizar molho na aquisição do hamburger
Consumidores no domicílio	Grupo focalizado	<i>Pretendemos que a entrega do hamburger pedido em casa não dure mais do que meia-hora</i>			X		Hamburger escolhido pelo cliente Tempo de entrega ao domicílio	Entregar em casa do cliente o hamburger que foi efectivamente pedido Entregar o menu no menor período de tempo possível
Defesa do consumidor	Revista Proteste	<i>Os valores calóricos dos hamburgueres testados são elevados, superiores a 300 kcal</i>		X			Qualidade nutricional do hamburger	Assegurar a qualidade nutricional dos ingredientes dos hamburgueres
...

Os dados obtidos na sequência da aplicação destas técnicas têm, na maioria das vezes, uma natureza qualitativa. As entrevistas individuais presenciais assumem, nesta metodologia de DFSS, um papel central, todavia, é possível complementá-las com a utilização de outra(s) da(s) técnica(s) referida(s), sendo isso especialmente desejável num contexto de inovação radical, porque neste caso o número de necessidades latentes, que importa revelar, é superior. Sublinhe-se o facto de que a técnica de casos de uso, embora seja tradicionalmente aplicada ao desenvolvimento de *software*, pode ser usada noutra qualquer morfologia de sistema, conforme demonstraram Beiter *et al.* (2006).

O levantamento retroactivo e proactivo das "vozes" e "imagens" deve contemplar todos os clientes, e respectivos segmentos, caso existam, e todas as outras partes interessadas, que foram considerados relevantes na primeira etapa da metodologia de DFSS. Isso ajudará a verificar, ainda que preliminarmente, a existência ou não de heterogeneidade entre as necessidades e expectativas desses *stakeholders*, reveladora da eventual presença de situações de variedade espacial e/ou temporal. Para as entrevistas individuais presenciais, Griffin e Hauser (1993) evidenciaram que 12 a 20 entrevistas, a realizar por grupo ou segmento de cliente e por parte interessada, são suficientes.

O conjunto de "vozes" e "imagens" recolhidas são analisadas e convertidas em necessidades e expectativas concretas, utilizando-se novamente uma tabela de conversão VOC, como aquela ilustrada no quadro 5.5.

A estrutura desta tabela está dividida em duas partes: (1) o lado esquerdo contém toda a informação referente às "vozes" e "imagens"; (2) o lado direito corresponde à tradução dessas "vozes" e "imagens". Na terceira coluna é descrita a frase, ou ilustrada uma imagem, que transcreva ou revele, o mais genuinamente possível, aquilo que um determinado *stakeholder* (quem?) disse, escreveu ou manifestou aquando da aplicação de uma determinada técnica (como?) retroactiva ou proactiva. Como a subjectividade é um factor inerente às "vozes" e "imagens", estas normalmente não correspondem a necessidades, mas a soluções, métricas, ou objectivos (valores-alvo). A inclusão da coluna relativa ao ponto-chave tem o intuito de facilitar a formulação da necessidade/expectativa. O exemplo fornecido ajuda a compreender a utilização desta tabela de conversão VOC.

5.4.1.3. Definição, classificação e organização dos requisitos relevantes aplicáveis ao sistema de interesse

Esta etapa abrange a realização do seguinte conjunto de actividades, cada uma delas detalhada nesta subsecção:

- i. Determinação de outros requisitos para o sistema de interesse, para além das necessidades e expectativas dos clientes e das outras partes interessadas.
- ii. Refinamento dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse, nos quais se incluem as necessidades e expectativas dos clientes e das outras partes interessadas.
- iii. Organização dos requisitos resultantes do processo de refinamento.
- iv. Tipificação e classificação dos requisitos resultantes do processo de refinamento.
- v. Definição final dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse, considerados relevantes.

Para além das necessidades e expectativas dos clientes e das outras partes interessadas, importa também considerar outros requisitos que sejam aplicáveis ao sistema de interesse, como sejam: requisitos legais, regulamentares e normativos, políticas da organização e requisitos subscritos por esta, requisitos tecnológicos, requisitos de ciclo de vida (e.g. considerações de reciclagem), entre outros eventuais. Este raciocínio encontra-se patente na figura 5.17.

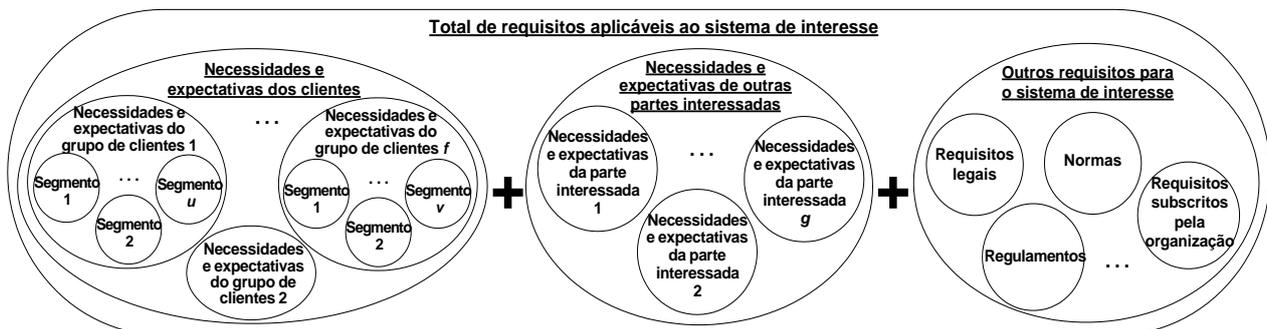


Figura 5.17 – Composição dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse.

A compreensão da forma como é expectável que os requisitos, aplicáveis ao sistema de interesse, venham a evoluir no futuro, é um exercício que convém fazer nesta altura da metodologia de DFSS, pois isso poderá permitir detectar factores susceptíveis de causar situações de variedade geracional, a ter em conta durante a concepção e desenvolvimento do sistema de interesse. Esta circunstância é reconhecida por Martin (1999) na sua metodologia de *Design for Variety*.

A segunda actividade desta etapa consiste em refinar o conjunto de requisitos aplicáveis ao sistema de interesse, reduzindo significativamente o seu número e permitindo que a equipa se concentre nos requisitos fundamentais. O processo de refinamento proposto nesta tese encontra-se esquematizado na figura 5.18. No primeiro e segundo passos do processo, respectivamente, requisitos que apareçam repetidos e que sejam considerados redundantes, face ao âmbito do projecto, são eliminados. A utilização da técnica *In-Scope/Out-of-Scope* pode revelar-se útil no segundo passo.

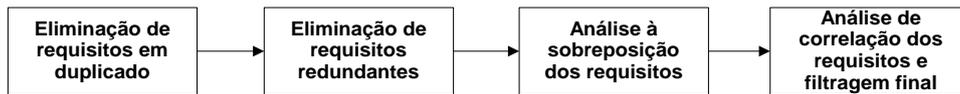


Figura 5.18 – Processo de refinamento de requisitos aplicáveis ao sistema de interesse.

No terceiro passo do processo de refinamento, efectua-se uma análise à sobreposição dos requisitos, seguindo para tal as regras indicadas por Wang e Ma (2007) resumidas na figura 5.19. Para cada relação inclusiva, o requisito com o conteúdo mais amplo é mantido e o outro, com um âmbito mais reduzido, é eliminado. Para cada relação de intersecção, o conteúdo comum a ambos os requisitos é extraído, formando deste modo um novo requisito, sendo os dois requisitos originais eliminados. Para relações independentes, ambos os requisitos originais mantêm-se inalterados.

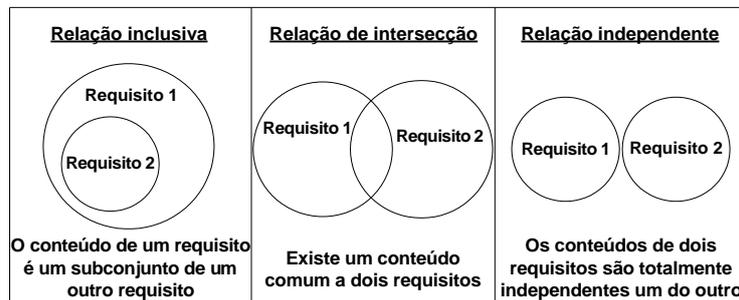


Figura 5.19 – Análise à sobreposição dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse (adaptado de: Wang e Ma, 2007).

No quarto e último passo do processo de refinamento, os requisitos que resultam da execução dos três passos anteriores são sujeitos a uma análise de correlação, sendo aqui adoptado o método sugerido por Wang e Ma (2007). Designe-se por $r'_C = \{r_{c1}, r_{c2}, \dots, r_{ci}, \dots, r_{cl}\}$ o conjunto de l requisitos, aplicáveis ao sistema de interesse, que são submetidos à análise de correlação, em que r_{ci} é o i -ésimo requisito desse conjunto. A correlação entre cada par destes requisitos pode ser descrito através da seguinte matriz C :

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1l} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2l} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{l1} & c_{l2} & \dots & c_{ll} \end{bmatrix}, \quad i, j = 1, 2, \dots, l \quad (5.1)$$

Na equação 5.1, c_{ij} é o factor de correlação entre o i -ésimo e o j -ésimo requisitos, sendo que este pode assumir os seguintes valores:

- 0 = Os requisitos não apresentam correlação.
- +1, +3, +7 = Os requisitos apresentam uma correlação colaborativa/positiva fraca (+1), média (+3) ou forte (+7).
- -1, -3, -7 = Os requisitos apresentam uma correlação conflituosa/negativa fraca (-1), média (-3) ou forte (-7).
- +9 = Valores dos factores de correlação posicionados na diagonal da matriz.

A partir do preenchimento da matriz C , Wang e Ma (2007) propõem que se determine o índice de correlação para cada requisito aplicável ao sistema de interesse, através da seguinte expressão:

$$R_i = \frac{1}{c_{ii}} \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^l c_{ij}, \quad i, j = 1, 2, \dots, l \quad (5.2)$$

De acordo com os autores, se $R_i \geq 1$ significa que o requisito r_{ci} pode, implicitamente, ser satisfeito por outros requisitos, pelo que pode ser retirado/eliminado. Caso $R_i \leq -1$ deve ser prestada maior atenção ao requisito em causa, pois é susceptível que este possa provocar impactos negativos noutros requisitos aplicáveis ao sistema.

Uma vez concluído o processo de refinamento, o conjunto de m requisitos daí resultantes ($R_C = \{r_{c1}, r_{c2}, \dots, r_{ci}, \dots, r_{cm}\}$, em que $m \leq l$, é organizado através de um diagrama de afinidades, uma ferramenta também conhecida por “KJ”. Cohen (1995), Saraiva e D’Orey (1999) e Pereira e Requeijo (2008) explicam em detalhe o funcionamento desta ferramenta de planeamento da qualidade.

A determinação de todos os requisitos aplicáveis ao sistema de interesse, seu refinamento e organização ocorrem independentemente da sua tipologia e grau de tangibilidade. Quando o projecto de DFSS se inserir num contexto de inovação radical, essas três actividades, em especial a determinação da totalidade dos requisitos aplicáveis, estão envoltas numa maior incerteza do que numa situação em que o nível de inovação associado ao projecto é categorizado como substancial. Este aspecto deriva do facto de que quanto maior for o grau de novidade conceptual a introduzir no sistema, mais acentuada se torna a natureza exploratória do processo de determinação dos requisitos.

Ainda antes de se proceder à classificação e tipificação dos m requisitos que resultaram do processo de refinamento e que foram posteriormente organizados através de um diagrama de afinidades, deve averiguar-se quais desses mesmos requisitos são comuns aos diferentes clientes e outras partes interessadas relevantes, e quais deles é que são exclusivos de um ou alguns deles. A utilização de uma tabela, como aquela representada no quadro 5.6, pode ajudar a consumir esta tarefa, cuja importância, neste ponto do processo de concepção e desenvolvimento, é salientada por autores como Shahin e Chan (2006) e Stone *et al.* (2008). Tal permitirá detectar possíveis situações de heterogeneidade de requisitos, reveladoras de fenómenos de variedade espacial e/ou temporal.

Quadro 5.6 – Enquadramento de cada um dos m requisitos resultantes do processo de refinamento.

Requisitos aplicáveis ao sistema de interesse	Partes interessadas (<i>Stakeholders</i>)											
	Grupo de clientes 1			Grupo de clientes 2	Grupo de clientes 3	...	Grupo de clientes f			Outra parte interessada 1	...	Outra parte interessada g
	Segmento 1	...	Segmento u				Segmento 1	...	Segmento v			
Requisito 1	X	...	X	X	X	...	X	...	X	X	...	X
Requisito 2	X	...	X	X	X	...	X	...	X	X	...	X
Requisito 3	X	...		X	X	...		...	X		...	
...
Requisito $m-1$		...		X	X	...		...			...	X
Requisito m		...	X	X	X	...	X	...	X	X	...	

A actividade relativa à tipificação e classificação dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse envolve a determinação, através de questionários:

- Do grau de importância atribuído pelos diferentes clientes e outras partes interessadas.
- Da categoria do modelo de Kano que melhor caracteriza o grau de satisfação dos diferentes clientes e outras partes interessadas, em função da aptidão do sistema para conseguir cumprir esses requisitos.

Alreck e Settle (2004) discutem, em detalhe e extensivamente, as actividades, considerações e boas práticas relativas ao planeamento, desenho, elaboração, submissão, análise e tratamento de questionários. Outro método, alternativo ou complementar aos questionários, é o dos testes *Hall*, devidamente descritos no trabalho de Hague e Jackson (1996), nomeadamente se o sistema de interesse for um produto, seja este do tipo *hardware*, *software*, serviço e/ou material processado.

Para estimar o grau de importância que determinado grupo ou segmento de clientes, ou outra parte interessada, atribui a cada requisito aplicável ao sistema de interesse, recorre-se normalmente a questionários que adoptam uma escala intervalar linear numérica (Cohen, 1995). No extremo inferior desta escala encontra-se sempre o valor “1”, correspondente à resposta “requisito nada importante”; o valor numérico afecto ao extremo superior corresponde à resposta “requisito extremamente importante”, sendo este igual ao número de pontos definidos para a escala intervalar. Embora o número de pontos a considerar para a escala intervalar venha sendo amplamente debatido (Krosnick e Presser, 2010), a utilização de 5, 7 ou 9 pontos é geralmente recomendado (Lee *et al.*, 2008); A preferência pelos números ímpares, justifica-se, segundo Ginn e Varner (2004), pelo facto de ser importante reservar um ponto que acomode opiniões neutras dos respondentes. A figura 7.20 ilustra o exemplo de uma escala intervalar linear numérica com 9 pontos definidos.

A tipificação dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse, numa das três categorias do modelo de Kano mencionadas na secção 3.5.1, é feita através da análise de questionários de Kano preenchidos e validados. Existem dois tipos de questionários de Kano que podem ser usados: (1) questionário com cinco níveis de resposta; (2) questionário com três níveis de respostas. O primeiro deles é o mais utilizado, estando muito bem documentado em Shiba (2001); o segundo é uma versão simplificada do primeiro, introduzida por Kano em 2001 (Wittel e Löfgren, 2007).

Sá e Saraiva (2006) demonstram a possibilidade de combinar e integrar, num único questionário, o questionário de Kano e o do grau de importância dos requisitos. Isto facilita, em termos práticos e de tempo, todo o processo envolvendo o envio, recebimento, análise e tratamento dos questionários.

Independentemente de se elaborarem, separada ou conjuntamente, os questionários de Kano e os de importância, deve sempre atender-se à eventual heterogeneidade de requisitos, em virtude de poder haver requisitos que são exclusivos de algum(uns) cliente(s), segmento(s) de clientes e/ou de alguma(s) outra(s) parte(s) interessada(s). Em função das conclusões retiradas anteriormente acerca da heterogeneidade, e sabendo que cada questão a incluir num questionário está associada a um determinado requisito, pode ser necessário desenvolver questionários especificamente dirigidos para determinados grupos de clientes, segmentos específicos de clientes e/ou outras partes interessadas.

A utilização de uma matriz de relações, como aquela representada no quadro 5.7, pode ajudar a concretizar este objectivo. O preenchimento desta matriz deve ser coerente com o preenchimento anteriormente efectuado da tabela, cuja estrutura foi apresentada no quadro 5.6.

Quadro 5.7 – Estratégia de elaboração e envio de questionários considerando a heterogeneidade dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse.

Questionário 1	X	...			...		...			...
Questionário 2		...	X		...	X	...		X	...	
Questionário 3		...			...		...			...	X
...
Questionário <i>q</i>		...		X	...		...			...
	Segmento 1	...	Segmento <i>u</i>	Grupos de clientes 2	...	Segmento 1	...	Segmento <i>v</i>	Outra parte interessada 1	...	Outra parte interessada <i>g</i>
	Grupo de clientes 1					Grupo de clientes <i>f</i>					
	Segmento 1	...	Segmento <i>u</i>			Segmento 1	...	Segmento <i>v</i>			
Questão 1	X	...	X	X	...	X	...	X	X	...	X
Questão 2	X	...	X	X	...	X	...	X	X	...	X
Questão 3	X	...		X	...		...	X		...	
Questão 4		...		X	...		...			...
...
Questão <i>m-1</i>		...		X	...		...			...	X
Questão <i>m</i>		...	X	X	...	X	...	X	X	...	

Com base nos resultados dos questionários, é possível apurar, para cada uma das partes interessadas, onde se incluem os clientes, e eventualmente segmentos de clientes, o grau de importância atribuído aos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse, assim como as categorias do modelo de Kano em que são enquadrados esses mesmos requisitos. A comparação dos resultados obtidos para as diferentes partes interessadas possibilitará a detecção, para cada um dos requisitos, de eventuais:

- Diferenças significativas entre os graus de importância atribuídos.
- Divergências entre as categorias do modelo de Kano determinadas.

Uma ou ambas as situações, a ocorrer(em), pode(m) ser indicativa(s) de heterogeneidade nos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse, mesmo naqueles que são comuns a todos os tipos de clientes e a outras partes interessadas.

Antes de prosseguir para a próxima etapa da metodologia de DFSS, sugere-se que os requisitos aplicáveis ao sistema de interesse sejam sujeitos a um derradeiro processo de priorização, com base nos resultados obtidos na análise dos questionários de Kano. Considere-se portanto novamente o conjunto de *m* requisitos resultantes do processo de refinamento, isto é, $R_C = \{r_{c1}, r_{c2}, \dots, r_{ci}, \dots, r_{cm}\}$. A priorização destes requisitos é feita a partir da determinação dos coeficientes de satisfação (CS) e de insatisfação (DS) propostos por Berger *et al.* (1993). Para cada requisito *i*, os valores destes índices podem ser obtidos a partir da aplicação das seguintes equações:

$$CS_i = \frac{A_i + U_i}{A_i + U_i + O_i + I_i} \quad , \quad 0 \leq CS_i \leq 1 \quad , \quad i = 1, \dots, m \quad (5.3)$$

$$DS_i = \frac{A_i + O_i}{A_i + U_i + O_i + I_i} \times (-1) \quad , \quad -1 \leq DS_i \leq 0 \quad , \quad i = 1, \dots, m \quad (5.4)$$

A_i – Número de respondentes do questionário de Kano que classificam o requisito i de atraente.

O_i – Número de respondentes do questionário de Kano que classificam o requisito i de obrigatório.

U_i – Número de respondentes do questionário de Kano que classificam o requisito i de proporcional.

I_i – Número de respondentes do questionário de Kano que classificam o requisito i de indiferente.

Um valor elevado do coeficiente de satisfação (CS) indica que a percepção positiva de um cliente, ou de outra parte interessada, aumentará fortemente se o sistema de interesse for capaz de satisfazer esse requisito. Um valor para o coeficiente de insatisfação (DS) o mais próximo possível de -1 indica que se o requisito não for satisfeito pelo sistema de interesse, tal terá um impacto extremamente negativo no grau de insatisfação do cliente, ou de outra parte interessada. A partir dos valores de CS e DS, é possível posicioná-los numa matriz CS/DS, como aquela representada na figura 5.20. Requisitos que se enquadrem no quadrante superior esquerdo e que, simultaneamente, lhes tenham sido atribuídos um baixo valor de importância, podem ser retirados pois podem ser considerados pouco relevantes. No final, haverá um conjunto final e definitivo de n requisitos, $R_C = \{r_{c1}, r_{c2}, \dots, r_{ci}, \dots, r_{cn}\}$, a considerar durante o projecto de DFSS.



Figura 5.20 – Matriz dos coeficientes CS/DS (fonte: Berger *et al.*, 1993).

No caso de haver heterogeneidade dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse, é conveniente determinar os valores dos dois índices para cada um dos grupos e/ou segmentos de clientes e para cada uma das outras partes interessadas relevantes.

5.4.1.4. Estabelecimento das CTQCs e das suas definições operacionais

A última etapa da fase de *Identify* do IDOV envolve a determinação:

- i. Da presença de situações de variedade espacial, temporal e/ou geracional.
- ii. Das características críticas para a qualidade (CTQCs) do sistema de interesse e respectivas definições operacionais.

Antes de proceder à conversão dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse em CTQCs, é importante procurar identificar as seguintes situações indicadoras da presença de variedade espacial:

- Requisitos comuns a todos os clientes e outras partes interessadas, mas que exigem níveis funcionais de desempenho diferenciados.
- Requisitos comuns a todos os clientes e outras partes interessadas, mas que exigem personalização não funcional ou de estilo.
- Requisitos comuns ou não à totalidade dos clientes e outras partes interessadas, que exigem personalização através do fornecimento de soluções adicionais ou opcionais, relativamente àquilo que é a oferta base/padrão.

Numa situação de variedade espacial, haverá pelo menos duas variantes do sistema de interesse que derivarão de uma plataforma comum às mesmas. Nesta fase da metodologia, é conveniente pré-estabelecer quais as variantes a considerar para as actividades de concepção e desenvolvimento. Perante uma situação de variedade espacial, especialmente se a dimensão morfologia disser respeito à categoria de inovação de produto (independentemente da sua tipologia dominante surgir na forma de *hardware*, serviço, *software* ou material processado) ou inovação de *marketing*, recomenda-se a utilização de uma ou mais grelhas propostas por Meyer e Lehnerd (1997), pois estas permitem delinear estratégias de posicionamento de mercado para as diferentes variantes do sistema. A figura 5.21 exemplifica uma grelha de Meyer e Lehnerd.

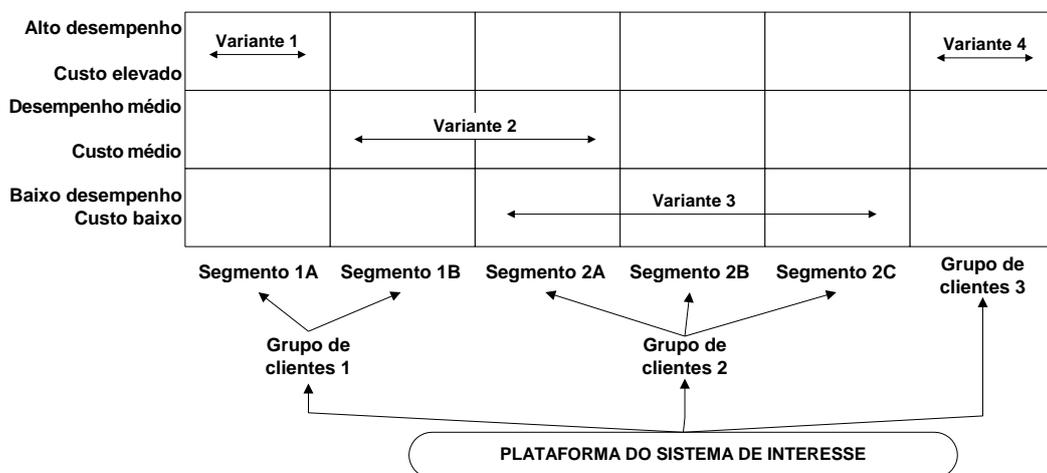


Figura 5.21 – Exemplo de uma grelha de Meyer e Lehnerd (1997).

As grelhas de Meyer e Lehnerd também podem ser adaptadas a situações de variedade espacial presentes em inovação organizacional e inovação de processo. Por exemplo, o desenho de um determinado método ou modelo organizacional pode prever o desenvolvimento de diferentes submétodos (as variantes do método organizacional) especificamente dirigidos para a gestão interna de certas áreas funcionais da organização e/ou para a gestão das relações com diferentes entidades externas, incluindo segmentos específicos de clientes; neste caso, importa proceder ao posicionamento desses submétodos relativamente às diferentes áreas funcionais internas e/ou às entidades externas relevantes. No caso de inovação de processo envolvendo variedade espacial,

pode ser vantajoso utilizar as grelhas referidas para melhor enquadrar os diferentes subprocessos previstos (as variantes do processo, de realização ou de suporte, a conceber e desenvolver) nos clientes internos e/ou externos que os mesmos pretendem servir.

Também antes da determinação das CTQCs, importa identificar, por causa de situações relacionadas com a variedade temporal, os requisitos aplicáveis ao sistema de interesse que, ao longo do seu ciclo de vida, tenham que ser satisfeitos:

- A maior parte das vezes.
- Durante determinados períodos de tempo, provavelmente de forma cíclica.
- Durante determinados períodos de tempo, provavelmente de forma não cíclica.
- Raramente ou eventualmente em algum(uns) momento(s) temporal(ais).
- Com níveis de desempenho distintos.

Situações de variedade temporal são susceptíveis de acontecer em qualquer categoria de morfologia, mas é nas inovações de produto e de processo que este tipo de variedade, quando ocorre, é mais comum. Serviços do tipo “fato à medida”, produtos configuráveis e multifunções, robôs industriais ou ainda infraestruturas multiusos, constituem exemplos de produtos em que a variedade temporal é uma realidade. No caso da inovação de processo, sistemas produtivos flexíveis, como é o caso das células de trabalho, são o exemplo mais claro da presença de variedade temporal.

A Casa da Qualidade, elemento central do Desdobramento da Função Qualidade (QFD – *Quality Function Deployment*), é a técnica predominantemente sugerida pela literatura de DFSS para determinar e priorizar as CTQCs a partir do conhecimento sobre os requisitos aplicáveis ao sistema de interesse. A Casa da Qualidade convencional, amplamente discutida por Hauser e Clausing (1988), Cohen (1995) e ReVelle *et al.* (1998), é aplicável em qualquer tipologia do sistema de interesse e eficaz na maioria das situações que não envolvam a dimensão variedade.

Infelizmente, a abordagem clássica da Casa da Qualidade pode revelar-se limitada perante algumas situações específicas de planeamento da qualidade, incluindo a concepção e desenvolvimento de sistemas, o que tem levado alguns autores a proporem adaptações, modificações ou extensões, mais ou menos sofisticadas, da mesma. Chan e Wu (2002a) e Sharma *et al.* (2008) efectuam cuidadas revisões da literatura acerca do QFD, onde identificam e contextualizam essas abordagens alternativas.

Uma dessas limitações é não acomodar facilmente situações de variedade. Por este motivo, nesta tese, quando o projecto de DFSS envolver variedade espacial, temporal e/ou geracional, propõe-se a utilização de uma versão da Casa da Qualidade, representada e explicada em pormenor no apêndice XIX, a qual designamos por *Variety House of Quality* (VHoQ). A VHoQ, à semelhança da Casa da Qualidade tradicional, assenta num conjunto articulável de matrizes (muitas vezes chamadas de quartos) que podem ser adicionadas ou subtraídas à estrutura geral da Casa, permitindo que possa ser ajustada à medida de cada aplicação concreta. Note-se também que, na ausência da dimensão variedade, a VHoQ se reduz à estrutura típica da Casa da Qualidade comum.

Nesta etapa, é importante ter ainda em conta a dimensão maturidade. Relembre-se que, sendo usado o mapa IDOV, a presente metodologia de DFSS é aplicável no âmbito de inovações de tipo

substancial e radical. As diferenças entre estes dois níveis de inovação foram discutidas na subsecção 5.2.1.1. O facto de a inovação radical envolver a concepção e desenvolvimento de sistemas menos maduros, face ao que sucede na inovação substancial, implica que o preenchimento das matrizes da Casa da Qualidade ou, se houver variedade, da VHoQ, esteja envolto numa incerteza e subjectividade superiores. Para lidar com essa incerteza e subjectividade, pode revelar-se útil a utilização da abordagem de QFD *Evidential Reasoning* proposta por Chin *et al.*(2009).

O resultado final desta etapa é a definição de um conjunto prioritizado de CTQCs, com as respectivas definições operacionais, que permitirão medir o desempenho do sistema de interesse. Designe-se esse conjunto, formado por um número total de p CTQCs, por $R_{CTQC} = \{CTQC_1, CTQC_2, \dots, CTQC_p\}$.

5.4.2. Fase Conceptual – *Design*

Esta fase é composta pelas seguintes etapas, cada uma constituída por uma série de actividades:

- 1) Identificação dos requisitos funcionais associados às funções básicas do sistema de interesse.
- 2) Definição dos requisitos de projecto: requisitos funcionais e constrangimentos.
- 3) Definição dos elementos de solução que satisfaçam os requisitos de projecto e assegurem a independência funcional.
- 4) Realização do processo de decomposição até aos níveis-folha, assegurando a consistência das decisões nos diferentes níveis da hierarquia.

5.4.2.1. Identificação dos requisitos funcionais associados às funções básicas do sistema de interesse

A primeira etapa da fase de *Design* do mapa IDOV envolve a realização das seguintes actividades:

- i. Definição da(s) função(ões) básica(s) do sistema de interesse.
- ii. Formulação do(s) requisito(s) funcional(ais) associado(s) à(s) função(ões) básica(s).

Os conceitos de função, função básica e requisito funcional foram discutidos na subsecção 3.3.2.4 do capítulo 3. Nesta etapa, a equipa de projecto tem por missão identificar a(s) função(ões) básica(s) do sistema de interesse. Qualquer sistema, seja qual for a sua tipologia, desempenha pelo menos uma função básica, caso contrário o sistema não existiria. Propõe-se que o conjunto inicial de requisitos funcionais para o sistema de interesse seja estabelecido com base na(s) função(ões) básica(s)¹⁴ identificadas, evitando assim incluir funções secundárias desnecessárias. Esta prática contribuirá para conseguir estabelecer um número mínimo e suficiente de requisitos funcionais, conforme objectiva a teoria de Projecto Axiomático, nomeadamente através do corolário 2.

A identificação da(s) função(ões) básica(s) do sistema de interesse e, conseqüentemente, do conjunto inicial de requisitos funcionais, é um procedimento que deve ser sempre adoptado para

¹⁴ Yu *et al.* (1998) e Jiang *et al.* (2007) são autores que sugerem um raciocínio idêntico a este.

qualquer combinação de categorias para as dimensões morfologia, maturidade e variedade aplicáveis ao mapa IDOV. Note-se, por exemplo, que mesmo numa situação de variedade espacial, as diferentes variantes do sistema de interesse partilham a(s) mesma(s) função(ões) básica(s).

5.4.2.2. Definição dos requisitos de projecto: requisitos funcionais e constrangimentos

As seguintes actividades são executadas nesta etapa da metodologia de DFSS, independentemente da morfologia e maturidade¹⁵ em que se enquadre o sistema de interesse:

- i. Definição completa do conjunto inicial de requisitos funcionais (FRs) e sua tipificação.
- ii. Definição completa dos constrangimentos (Cs) aplicáveis ao sistema de interesse e sua tipificação.
- iii. Estabelecimento das relações entre os requisitos de projecto (FRs + Cs) e os requisitos aplicáveis ao sistema de interesse que foram determinados na fase de *Identify* do IDOV.

Por vezes, é preciso contemplar, no conjunto inicial, outro(s) requisito(s) funcional(ais), para além daquele(s) que deriva(m) da(s) função(ões) básica(s) do sistema de interesse. Na perspectiva da Análise do Valor, esse(s) requisito(s) adicional(ais) derivará(ão) de função(ões) secundária(s). Para melhor compreender esta situação, a seguinte classificação funcional, proposta por Hintersteiner e Friedman (1999) e Tate (1999) e discutida na subsecção 3.3.2.4.2, pode revelar-se útil:

- *Funções de processo* – Contribuem directamente para a transformação de energia, matéria e informação/sinal que ocorre no sistema, correspondendo por isso a funções básicas. Os autores incluem a função de transporte como um caso particular da função de processo.
- *Funções de comando e controlo* – Tipo de funções, accionadas através de algoritmos automáticos ou meio de intervenção humana, que permitem que o sistema, ao longo do seu período útil de vida, se adapte a diferentes conjuntos de requisitos funcionais; devem por isso ser contempladas quando o projecto de DFSS envolver uma situação de variedade temporal. Existem três tipos de funções de comando e controlo, dependendo do nível da hierarquia, criada pelo processo de decomposição, em que se encontrem¹⁶. Deve prever-se a inclusão de uma função de comando e controlo de tipo I, no conjunto inicial de requisitos funcionais, sempre que haja uma situação de variedade temporal; uma função de comando e controlo de tipo I permite activar os elementos de solução (parâmetros de projecto), dentro de um leque de possibilidades, que são mais indicados para a plena satisfação dos requisitos funcionais aplicáveis num dado instante ou momento do tempo.
- *Funções de suporte e integração* – Têm o objectivo de fornecer uma estrutura de apoio ou de suporte, que permita integrar todos os subsistemas do sistema de interesse. O conjunto inicial de requisitos funcionais pode incluir uma função de suporte e integração.

A figura 5.22 resume o modo proposto para definir, de forma completa e suficiente, o conjunto inicial de requisitos funcionais a considerar para o sistema de interesse. Sendo u o número de funções

¹⁵ Recorde-se que, sendo usado o mapa IDOV, a maturidade compreende a inovação radical ou a inovação substancial.

¹⁶ Para mais informações acerca das funções de comando e controlo, consultar Hintersteiner e Tate (1998).

básicas do sistema de interesse, o conjunto inicial de requisitos funcionais deve ser constituído por, pelo menos, u requisitos funcionais correspondentes a essas funções básicas; o conjunto inicial pode ainda incluir até dois requisitos funcionais adicionais referentes a uma função de comando e controlo e/ou a uma função de suporte integração, ambas correspondentes a funções secundárias.

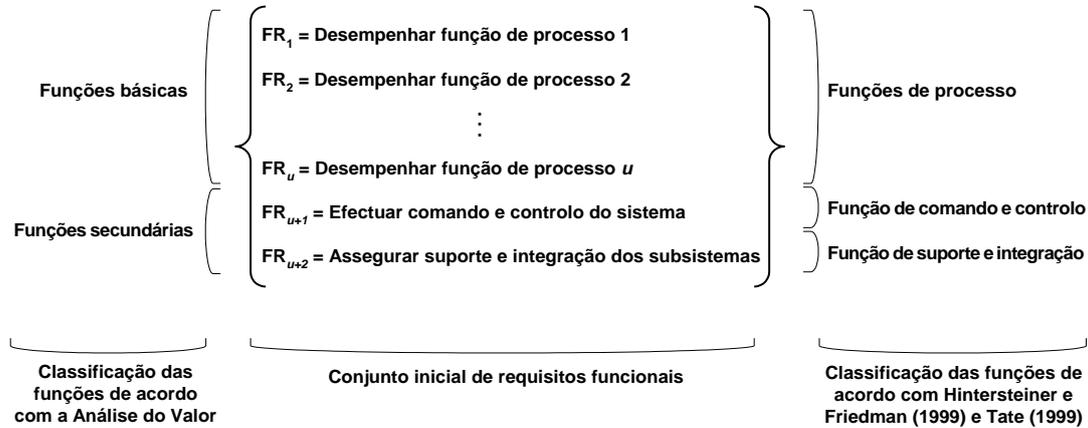


Figura 5.22 – Determinação do conjunto inicial de requisitos funcionais atendendo à classificação das funções a eles associadas.

Para terminar a definição completa do conjunto inicial de requisitos funcionais, importa ainda verificar se e qual(ais) das CTQCs, que foram determinadas na última etapa da fase de *Identify*, deve(m) ser associada(s) a cada um desses requisitos funcionais.

A segunda actividade desta etapa visa proceder à definição completa do conjunto inicial de constrangimentos a considerar durante a concepção e desenvolvimento do sistema de interesse. A distinção entre constrangimentos e requisitos funcionais é uma tarefa que pode revelar-se difícil de fazer (Gumus *et al.*, 2008). A tipificação das funções e dos constrangimentos, para além das linhas de orientação fornecidas por autores como Tate (1999) e Gumus (2005), vem simplificar essa tarefa.

A classificação que posiciona os constrangimentos em torno de 5 categorias, sugerida por Tate (1999) e por Hintersteiner e Friedman (1999) e apresentada na subsecção 3.3.2.5 do capítulo 3, é adoptada nesta etapa da metodologia de DFSS para se proceder à tipificação da totalidade dos constrangimentos definidos. Essa informação pode ser registada numa estrutura idêntica àquela representada no quadro 5.8. Para melhor compreender o seu funcionamento, inclui-se um exemplo relativo à concepção e desenvolvimento de um processo de fabricação de produtos metalomecânicos.

Os constrangimentos, para além de restringirem o leque de elementos de solução ou parâmetros de projecto (DPs) viáveis, também podem vir a dar origem a requisitos funcionais situados em níveis inferiores da hierarquia funcional, aquando do processo de decomposição (a realizar na quarta etapa da fase de *Design* do IDOV). Para entender o impacto dos constrangimentos nos subrequisitos funcionais, é importante determinar, desde já, a totalidade dos constrangimentos aplicáveis ao sistema de interesse e compreender o impacto destes em cada um dos requisitos funcionais que faz parte do conjunto inicial (Tate, 1999). Conforme se pode observar, esse objectivo pode também ser consumado através da utilização da matriz ilustrada no quadro 5.8.

Quadro 5.8 – Estrutura para a identificação e tipificação do conjunto completo de constrangimentos aplicáveis ao sistema de interesse (adaptado de: Tate, 1999), com inclusão de exemplo.

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais					Verificação
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR ₁	FR ₂	FR ₃	FR ₄	FR ₅	
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)								
C-1	Dep. Técnico	Porcentagem de chapa desperdiçada deve ser inferior a 25%	X	X	X			Inspeção / medição
C-2	Dep. Técnico	Eficiência de ciclo do processo produtivo deve ser superior a 30%	X	X	X			Inspeção / medição
C-3	Dep. Técnico	Lead time do processo produtivo (valor da especificação varia em função do acordado com o cliente)	X	X	X			Inspeção / medição
C-4	Dep. Técnico	Rendimento do processo	X	X	X			Inspeção / medição
Constrangimentos de interface (Interface constraints)								
C-5	Dep. QAS	Assegurar as condições ergonómicas e de segurança ocupacional nos postos de trabalho	X	X	X			Auditorias e supervisão
C-6	Dep. Logística	Assegurar a acessibilidade para descarregamento de MPs e carregamento de prod. acabado		X	X			Demonstração
C-7	Dep. QAS	Assegurar o cumprimento do programa ambiental para minimização dos impactos	X	X	X			Auditorias e supervisão
C-8	Dep. Técnico	Assegurar compatibilidade entre os programas de CAD, CAM e CNC, usados no processo	X	X				Demonstração
Constrangimentos globais (Global constraints)								
C-9	Dep. Técnico	Assegurar os níveis de manutibilidade previstos para os equipamentos de processo	X	X	X	X	X	Inspeção / medição
C-10	Dep. Técnico	Assegurar a certificação profissional dos operadores de soldadura manual		X	X	X	X	Demonstração
C-11	Dep. Técnico	Assegurar o cumprimento de todas as normas e regulamentos técnicos aplicáveis	X	X	X	X	X	Inspeção / medição
C-12	Dep. técnico	Capacidade instalada na unidade de produção	X	X	X	X	X	Demonstração
Constrangimentos de projecto (Project constraints)								
C-13	Dep. Financeiro	Orçamento máximo disponível para a realização do projecto de DFSS	X	X	X	X	X	Inspeção / medição
C-14	Gestão de topo	Tempo máximo requerido para a realização do projecto de DFSS	X	X	X	X	X	Inspeção / medição
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)								
C-15	Cliente externo	Peça, desenho ou modelo do produto requerido pelo cliente	X	X	X			Demonstração

Relativamente aos seguintes tipos de constrangimentos, há algumas considerações que merecem ser tidas em conta, especialmente quando a dimensão variedade se encontrar presente:

- Especificações críticas de desempenho:
 - Cada constrangimento deste tipo está normalmente associado a uma CTQC que registou uma das pontuações mais elevadas, na sequência da aplicação da Casa da Qualidade ou da VHoQ (etapa 4 da fase de Identify do IDOV).
 - Para uma mesma CTQC, se houver diferentes valores para a especificação crítica de desempenho, tal significa a presença de variedade espacial e/ou temporal.
 - No caso de variedade espacial, significa que as variantes previstas para o sistema terão diferentes especificações para essa CTQC.
 - No caso de variedade temporal, os diferentes valores de especificação são aqueles que o sistema pode ter que satisfazer durante o seu tempo útil de vida¹⁷.
 - No caso de variedade espacial e temporal, os diferentes valores de especificação são aqueles que cada variante do sistema pode ter que satisfazer ao longo do seu tempo útil de vida.
- Constrangimentos de interface:
 - Quando o projecto de DFSS envolver variedade espacial, requisitos de projecto que correspondam a necessidades de personalização não funcional ou de estilo devem constar como constrangimento de interface.
 - Se o projecto de DFSS envolver variedade espacial, requisitos de projecto que correspondam a necessidades de personalização para o fornecimento de soluções adicionais ou opcionais, devem constar como constrangimento de interface.
 - Caso o projecto de DFSS envolva variedade geracional, requisitos de projecto visando preparar a arquitectura do sistema para futuras acções de reconcepção, atendendo a factores evolutivos expectáveis (e.g. alterações tecnológicas, sócio-económicas, políticas, culturais, etc.) devem constar como constrangimentos de interface.

¹⁷ O constrangimento C-3, referido nos quadros 5.8 e 5.9, é um exemplo que se enquadra nesta situação.

- **Constrangimentos globais:**
 - No caso da existência de variedade temporal e/ou espacial, pode haver requisitos globais impostos por um determinado grupo de clientes, ou especificamente por um dado segmento. No caso da variedade espacial, tal situação condicionará o desenvolvimento de uma ou de algumas das variantes do sistema. No caso da variedade temporal, essa situação condicionará o desenvolvimento de todo o sistema.
- **Constrangimentos de recursos:**
 - O facto de determinado cliente, segmento ou grupo de clientes impor um elemento de solução específico ao nível do sistema (antes da decomposição), pode introduzir heterogeneidade nos subrequisitos funcionais resultantes do processo de decomposição, originando uma situação de variedade.

A última actividade desta etapa tem o objectivo de relacionar os requisitos de projecto, que abrangem o conjunto inicial de requisitos funcionais e os constrangimentos definidos, com o conjunto de n requisitos, $R_C = \{r_{c1}, r_{c2}, \dots, r_{ci}, \dots, r_{cn}\}$, determinados no final da fase de *Identify* do mapa IDOV, que é constituído pelas necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas, bem como por outros requisitos aplicáveis ao sistema de interesse. A estrutura constante do quadro 5.9 permite que a equipa de projecto de DFSS efectue essa relação; o exemplo aí indicado é a continuação do exemplo anteriormente apresentado no quadro 5.8.

Quadro 5.9 – Estrutura que permite relacionar os requisitos de projecto (FRs e Cs) com os requisitos aplicáveis ao sistema de interesse identificados na fase de *Identify* do IDOV, com inclusão de exemplo.

Requisitos funcionais			Requisitos aplicáveis ao sistema de interesse																									
Código	Descrição	Tipo(s)	r _{c1}	r _{c2}	r _{c3}	r _{c4}	r _{c5}	r _{c6}	r _{c7}	r _{c8}	r _{c9}	r _{c10}	r _{c11}	r _{c12}	r _{c13}	r _{c14}	r _{c15}	r _{c16}	r _{c17}	r _{c18}	r _{c19}	r _{c20}	r _{c21}	r _{c22}	r _{c23}	r _{c24}	r _{c25}	
FR ₁	Elaborar desenho de fabrico dos artigos metolomecânicos de acordo com a encomenda do cliente	Função básica / Função de processo	X			X		X	X		X	X								X	X							
FR ₂	Produzir artigos metolomecânicos de acordo com a geometria e dimensões requeridas pelo cliente	Função básica / Função de processo																										
FR ₃	Efectuar montagem dos conjuntos metolomecânicos de acordo com a encomenda do cliente	Função básica / Função de processo			X					X	X	X									X							
FR ₄	Programar o processo e definir a gama operatória em função das características e especificações de cada artigo a	Função de comando e controlo												X	X	X	X											
FR ₅	Integrar áreas de trabalho do processo	Função de suporte e integração																										X
Constrangimentos			Requisitos aplicáveis ao sistema de interesse																									
Código	Descrição	Tipo(s)	r _{c1}	r _{c2}	r _{c3}	r _{c4}	r _{c5}	r _{c6}	r _{c7}	r _{c8}	r _{c9}	r _{c10}	r _{c11}	r _{c12}	r _{c13}	r _{c14}	r _{c15}	r _{c16}	r _{c17}	r _{c18}	r _{c19}	r _{c20}	r _{c21}	r _{c22}	r _{c23}	r _{c24}	r _{c25}	
C-1	Percentagem de chapa desperdiçada deve ser inferior a 25%	Especif. crítica desempenho						X	X											X	X							
C-2	Eficiência de ciclo do processo produtivo deve ser superior a 30%	Especif. crítica desempenho						X	X											X	X							
C-3	Lead time do processo produtivo (valor da especificação varia em função do acordado com o cliente)	Especif. crítica desempenho	X	X		X																						
C-4	Rendimento do processo superior a 90%	Especif. crítica desempenho																										
C-5	Assegurar as condições ergonómicas e de segurança ocupacional nos postos de trabalho	Interface												X														
C-6	Assegurar a acessibilidade para descarregamento de MPs e carregamento de prod. Acabado	Interface																		X								
C-7	Assegurar o cumprimento do programa ambiental para minimização dos impactos	Interface																						X				
C-8	Assegurar compatibilidade entre os programas de CAD, CAM e CNC, usados no processo	Interface									X																	X
C-9	Assegurar os níveis de manutibilidade previstos para os equipamentos de processo	Global																	X				X			X	X	
C-10	Assegurar a certificação profissional dos operadores de soldadura manual	Global																	X									
C-11	Assegurar o cumprimento de todas as normas e regulamentos técnicos aplicáveis	Global																				X						
C-12	Capacidade instalada na unidade de produção	Global	X	X				X			X	X																
C-13	Orçamento máximo disponível para a realização do projecto de DFSS	Projecto									X	X											X					
C-14	Tempo máximo requerido para a realização do projecto de DFSS	Projecto																							X			
C-15	Peça, desenho ou modelo do produto requerido pelo cliente	Recursos						X																				X

5.4.2.3. Definição dos elementos de solução que satisfaçam os requisitos de projecto e assegurem a independência funcional

Enumeram-se de seguida as actividades que têm lugar na terceira etapa da fase de *Design* do IDOV:

- i. Determinação de parâmetros de projecto (DPs) alternativos que permitam satisfazer os requisitos funcionais e constrangimentos aplicáveis ao sistema de interesse.
- ii. Identificação de conjuntos de parâmetros de projecto (DPs) que satisfaçam de forma independente o conjunto inicial de requisitos funcionais.
- iii. Definição final do conjunto de parâmetros de projecto que assegurem a independência funcional do sistema de interesse.

Após definir o conjunto inicial de requisitos funcionais para o sistema de interesse, bem como os constrangimentos aplicáveis, o objectivo desta etapa passa por definir o melhor conjunto de elementos de solução que permitam satisfazer a totalidade desses requisitos de projecto, assegurando a independência funcional. Os termos “elemento de solução” e “parâmetro de projecto”, simbolizados por “DP”, são utilizados nesta tese de forma indiferenciada. A adopção de “elemento de solução”, à semelhança do que sugerem Beiter *et al.* (2006), serve para salientar que o domínio físico, conforme é designado na teoria de Projecto Axiomático, pode conter parâmetros de projecto de diferentes morfologias e graus de tangibilidade.

Para cada requisito funcional (FR), que faça parte do conjunto inicial determinado na etapa anterior, são gerados diferentes elementos de solução (DPs) que permitam satisfazê-lo. Para tal, pode ser utilizada uma matriz morfológica, uma ferramenta da criatividade, que se apoia num raciocínio idêntico àquele representado na figura 3.27. A natureza mais ou menos tangível dos elementos de solução depende essencialmente da tipologia do sistema de interesse, isto é, da sua morfologia.

Quando não se conseguirem identificar DPs que, expectavelmente, sejam capazes de satisfazer adequadamente todos os FRs associados às funções básicas do sistema, significa que o projecto de DFSS se enquadra num contexto de inovação radical. Se o contrário suceder, significa que existirá pelo menos um conceito-base que pode servir de referência ao desenvolvimento do sistema e, neste caso, o projecto de DFSS enquadrar-se-á, relativamente à escala da dimensão maturidade, num contexto de inovação substancial. Um projecto de DFSS de inovação radical requer, tipicamente, uma maior duração e um esforço criativo mais acentuado do que um projecto DFSS de inovação substancial. A necessidade de utilizar abordagens, como a Teoria da Resolução de Problemas Inventivos (TRIZ)¹⁸, e as ferramentas da criatividade¹⁹, é mais comum no caso da inovação radical.

A segunda actividade desta etapa passa pela determinação de um ou mais conjuntos de parâmetros de projecto (DPs) que satisfaçam, de forma independente, o conjunto inicial de requisitos funcionais (FRs), sendo que, desejavelmente, o número de FRs e de DPs coincidirá. Nem todos os conjuntos possíveis de DPs, gerados anteriormente, fornecem soluções de projecto desacopladas ou desacopláveis. A verificação da satisfação do axioma 1 da teoria de Projecto Axiomático, por parte

¹⁸ Esta teoria está muito bem documentada em Altshuller (1999) e Altshuller *et al.* (2005).

¹⁹ Ritter e Brassard (1998) descrevem com grande profundidade várias das ferramentas da criatividade mais importantes.

das diferentes soluções conceptuais geradas, é feita através da análise da matriz de projecto, em conformidade com as regras discutidas na subsecção 3.3.2.6 do capítulo 3, resumidas no quadro 3.9. A resolução de vulnerabilidades conceptuais pode ser feita através da aplicação da abordagem TRIZ. Yang (2005a) apresenta uma vertente da TRIZ tradicional, que permite aplicar esta abordagem ao caso de sistemas de interesse intangíveis, incluindo métodos organizacionais e serviços.

A terceira actividade da etapa consiste em definir o melhor conjunto de parâmetros de projecto, dentro daqueles que assegurem a independência funcional do sistema de interesse. A selecção da melhor solução conceptual é, na literatura sobre DFSS, tipicamente efectuada através do método de Pugh. Alguns trabalhos em torno do DFSS, nomeadamente Yang e El-Haik (2003) e Ginn e Varner (2004), sugerem um método de convergência controlada de conceitos, que combina a utilização alternada de ferramentas da criatividade (para gerar e combinar conceitos, originando conceitos cada vez mais promissores) com o método de Pugh (para avaliar sucessivamente os conceitos gerados). Tanto os métodos de Pugh, aplicado isoladamente, como o de convergência controlada de conceitos podem ser usados em contextos de inovação radical e de inovação substancial; no entanto, no caso do primeiro nível de inovação referido, os esforços conceptual e criativo são mais intensos.

Na abordagem axiomática, a selecção do melhor conceito é feita através do segundo axioma, que também foi apresentado na subsecção 3.3.2.6 do capítulo 3. A maior dificuldade em aplicar nesta altura o axioma da informação reside no facto de que, normalmente, a entidade que está a ser concebida (o sistema de interesse) ainda só pode ser caracterizada ou descrita de forma abstracta; tal descrição só se vai tornando mais detalhada à medida que o processo de decomposição, que tem lugar na etapa seguinte, vai decorrendo. Outra razão, que está relacionada com a anterior, é que as especificações críticas ao desempenho, uma das categorias de constrangimentos, ainda não foram desdobradas em requisitos funcionais, algo que acontecerá no processo de decomposição.

Uma vez feita a escolha dos elementos de solução, com os quais a equipa de projecto de DFSS prevê conseguir satisfazer, de forma independente, o conjunto inicial de requisitos funcionais, garantindo simultaneamente o cumprimento dos constrangimentos aplicáveis ao sistema de interesse, sugere-se que seja preenchida a respectiva tabela FR/DP, cuja estrutura está representada no quadro 5.10. Embora esta tabela esteja exemplificada para o caso genérico de haver quatro FRs e DPs, a mesma acomoda facilmente qualquer outro número destes elementos.

A estrutura indicada nesta tabela FR/DP permite o registo da seguinte informação:

- Descrição dos requisitos funcionais que fazem parte do conjunto inicial de FRs.
- Descrição dos parâmetros de projecto (DPs) que foram escolhidos para satisfazer os correspondentes FRs.
- Indicação do requisito funcional referente à função de maior ordem, a qual define o âmbito ou intuito do projecto de DFSS. Este requisito funcional é codificado por FR_0 .
- Identificação do sistema de interesse que é tratado no âmbito do projecto de DFSS. O sistema de interesse é o elemento de solução, codificado por DP_0 , que permite satisfazer FR_0 .
- Tipificação das funções inerentes aos requisitos funcionais, que visa contribuir para a coerência e consistência da decomposição dos requisitos funcionais, através das regras

incluídas no método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV), proposto nesta tese, utilizado na próxima etapa da metodologia de DFSS. São consideradas quatro formas diferentes para classificar as funções (ver subsecção 3.3.2.4.2 do capítulo 3 para detalhes):

- Quanto à aplicação, usada na Análise do Valor, que inclui: (1) função de uso; (2) função de estima.
 - Quanto à necessidade, usada na Análise do Valor, que inclui: (1) função básica; (2) função secundária.
 - Quanto à transformação, referente à classificação de Hintersteiner e Friedman (1999), e inclui: (1) função de processo; (2) função de comando e controlo; (3) função de integração e suporte.
 - Quanto ao efeito, usada na abordagem TRIZ, que inclui: (1) função útil; (2) função nociva.
- Tipificação dos parâmetros de projecto, a qual tem por base a classificação proposta por Gumus (2005) e que consta do quadro 3.11 do capítulo 3. O objectivo desta tipificação, para além de contribuir para assegurar a coerência e consistência das decisões tomadas no processo de decomposição, é o de vir a facilitar a realização das actividades de integração dos DPs.

Quadro 5.10 – Estrutura de uma tabela FR/DP para descrever os conjuntos iniciais de FRs e DPs, antes de se iniciar o processo de decomposição.

Requisito funcional (FR) de maior ordem						Elemento de solução / Parâmetro de projecto (DP)				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR ₀	Intuito/âmbito do projecto de DFSS					Sistema de interesse	DP ₀	Tipo I		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais				Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Necessidade	Transformação	Efeito						
FR ₁	Uso	Básica	Processo	Útil		Desempenhar função #1 satisfazendo o requisito aplicável	Elemento de solução #1 correspondente a elemento conceptual	DP ₁	Tipo II	
FR ₂	Uso	Básica	Processo	Útil		Desempenhar função #2 satisfazendo o requisito aplicável	Elemento de solução #2 correspondente a elemento conceptual	DP ₂	Tipo II	
FR ₃	Uso	Básica	Processo	Útil		Desempenhar função #3 satisfazendo o requisito aplicável	Elemento de solução #3 correspondente a subsistema	DP ₃	Tipo III	
FR ₄	Uso	Secundária	Suporte e integração	Útil		Fornecer suporte e integração aos subsistemas	Elemento de solução #4 para suporte e integração (elemento conceptual)	DP ₄	Tipo II	

Quando o projecto de DFSS envolver um sistema de interesse em que a variedade temporal tenha que ser tida em conta, deve contemplar-se uma função de comando e controlo no conjunto inicial de requisitos funcionais. É o caso do exemplo apresentado no quadro 5.9, onde o sistema de interesse era um processo de fabricação de produtos metalomecânicos. A operação deste processo é programada em função das especificidades dos artigos a produzir. O quadro 5.11 exhibe a tabela FR/DP para este exemplo, podendo verificar-se que existem dois requisitos funcionais que podem ser satisfeitos através do accionamento de elementos de solução distintos. Consoante as particularidades e características dos artigos, a função de comando e controlo (FR₄) seleccionará os tipos de processos de corte e enformação (DP_{2a}, DP_{2b} ou DP_{2c}) e de soldadura (DP_{3a} ou DP_{3b}) mais adequados. Para casos como este, a verificação da independência funcional deve ser feita com base na análise das matrizes de projecto correspondentes às diferentes possibilidades de DPs para um determinado FR.

Quadro 5.11 – Tabela FR/DP numa situação de variedade temporal, com inclusão de exemplo.

Requisito funcional (FR) de maior ordem						Elemento de solução / Parâmetro de projecto				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR ₀	Produzir artigos metalomecânicos por subcontratação à medida das necessidades do cliente					Processo de fabricação de produtos metalomecânicos por encomenda	DP ₀	Tipo I		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais				Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Necessidade	Transformação	Efeito						
FR ₁	Uso	Básica	Processo	Útil	Dep. Técnico	Elaborar desenho de fabrico dos artigos metalomecânicos de acordo com a encomenda do cliente	Processo de engenharia do produto	DP ₁	Tipo II	Inspeção / medição
FR ₂	Uso	Básica	Processo	Útil	Dep. Técnico	Produzir artigos metalomecânicos de acordo com a geometria e dimensões requeridas pelo cliente	Processos de corte e enformação de chapa/varão	DP ₂		
							a) Operações de corte de chapa/varão	DP _{2a}	Tipo II	Inspeção / medição
							b) Operações enformação de chapa/varão	DP _{2c}	Tipo II	Inspeção / medição
FR ₃	Uso	Básica	Processo	Útil	Dep. Técnico	Efectuar montagem dos conjuntos metalomecânicos de acordo com a encomenda do cliente	Processos de soldadura	DP ₃		
							a) Soldadura manual	DP _{3a}	Tipo II	Inspeção / medição
							b) Soldadura robotizada	DP _{3b}	Tipo II	Inspeção / medição
FR ₄	Uso	Secundária	Comando e controlo	Útil	Dep. Técnico	Programar o processo e definir a gama operatória em função das características e especificações de cada artigo a produzir	Plano Director de Produção	DP ₄	Tipo II	
FR ₅	Uso	Secundária	Suporte e integração	Útil	Dep. Técnico	Integrar áreas de trabalho do processo	Unidade industrial e layout produtivo	DP ₅	Tipo II	

Numa situação de variedade espacial, em que não se preveja variedade temporal em nenhuma das suas variantes, o preenchimento da tabela FR/DP deve ter em conta as seguintes considerações:

- O conjunto inicial de requisitos funcionais não deve incluir a função de comando e controlo.
- A formulação dos requisitos funcionais de processo deve visar o sistema de interesse e não as suas variantes, dado que estas desempenharão as mesmas funções básicas.
- A acontecer a inclusão de uma função de suporte e integração no conjunto inicial de requisitos funcionais, a formulação da mesma deve procurar abranger as diferentes variantes previstas.
- Um requisito funcional que derive de uma função básica, embora seja comum às variantes previstas, pode ser satisfeito por mais do que um elemento de solução; no entanto, se tal acontecer, o número total de DPs alternativos será, no máximo, igual ao número de variantes.
- A definição de elementos de solução alternativos, atendendo às variantes do sistema, não deve ocorrer quando esses DPs forem do tipo II.

5.4.2.4. Realização do processo de decomposição até aos níveis-folha, assegurando a consistência das decisões nos diferentes níveis da hierarquia

Nesta altura, conhecem-se os conjuntos iniciais de requisitos funcionais (FRs) e de parâmetros de projecto (DPs), a matriz de projecto que os relaciona²⁰ e o conjunto inicial de constrangimentos (Cs). Conhecem-se igualmente o conjunto de n requisitos aplicáveis ao sistema de interesse ($R_C = \{r_{c1}, r_{c2}, \dots, r_{ci}, \dots, r_{cn}\}$) e o número total de p características críticas para a qualidade (CTQCs), prioritizadas na fase de *Identify*. A figura 5.23 esquematiza o raciocínio procedimental que conduziu até este momento da metodologia de DFSS. O processo de decomposição envolve o desdobramento dos conjuntos iniciais de FRs e de DPs.

²⁰ Caso haja mais do que um possível DP para satisfazer um FR de processo, como no caso da variedade temporal e, por vezes, da variedade espacial, então haverá mais do que uma matriz de projecto.

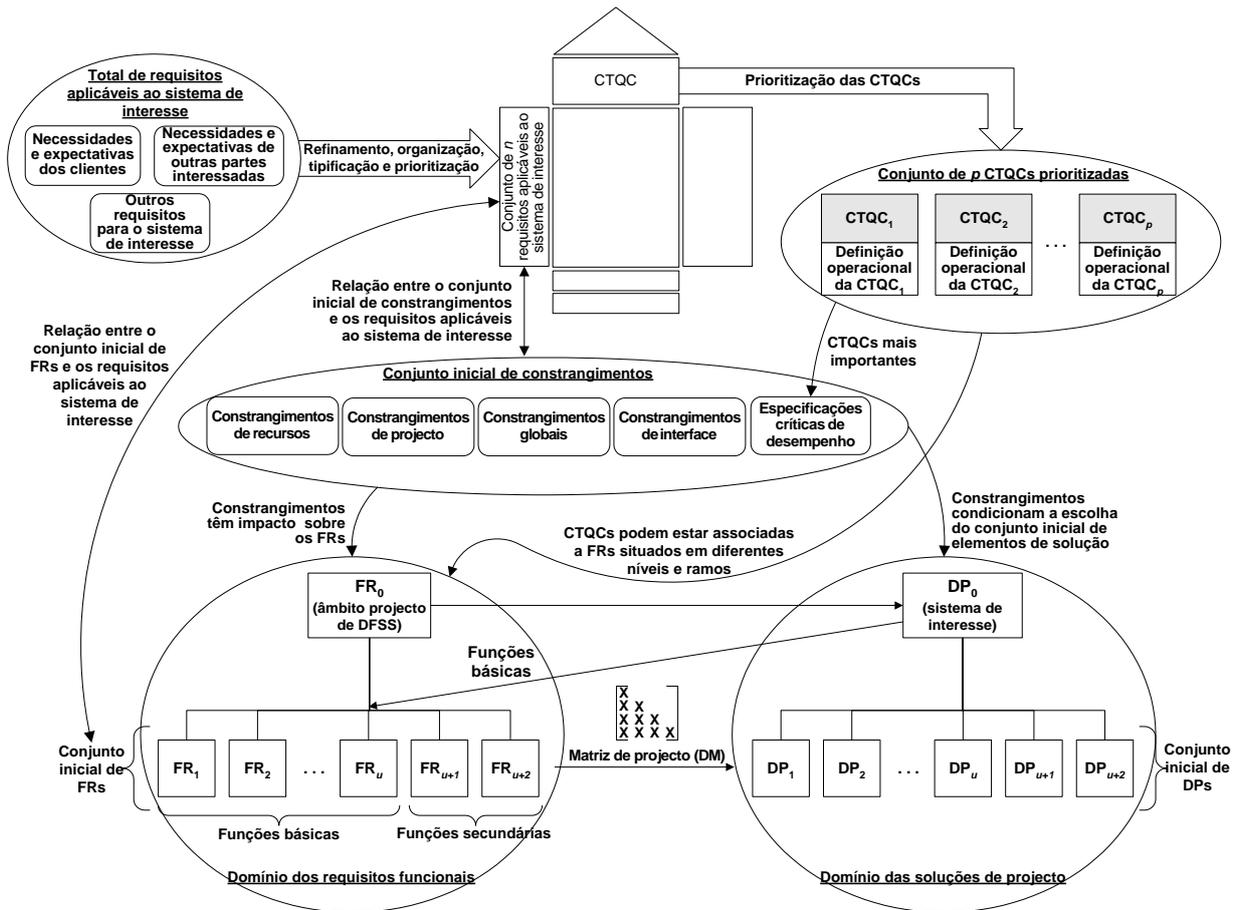


Figura 5.23 – Resumo dos principais procedimentos adoptados na metodologia de DFSS até à etapa que antecede a realização do processo de decomposição.

A última etapa da fase de *Design* do mapa IDOV envolve a realização do processo de decomposição, anteriormente discutido na subsecção 3.3.2.7 do capítulo 3. A abordagem à decomposição proposta nesta tese é designada por método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV), que articula os princípios da decomposição patentada na teoria de Projecto Axiomático com a técnica FAST (*Functional Analysis System Technique*) oriunda da Análise/Engenharia do Valor.

A realização do processo de decomposição através do MDCV ocorre independentemente da tipologia do sistema de interesse e do nível de inovação, radical ou substancial, do projecto de DFSS. O MDCV será primeiramente descrito para o caso geral em que a dimensão variedade está ausente, sendo depois enquadrado nos casos de variedade temporal e de variedade espacial. À medida que a decomposição vai decorrendo, camada a camada até aos níveis-folha, os detalhes sobre o sistema que está a ser concebido e desenvolvido vão emergindo. Os principais objectivos que nortearam o desenvolvimento e proposta do MDCV, esquematizado na figura 5.24, foram os de contribuir para:

- Conseguir definir, em cada novo nível da decomposição, um conjunto constituído por um número necessário e suficiente de sub-FRs.
- Afectar os sub-FRs ao nível de detalhe mais adequado.
- Assegurar a consistência e coerência das decisões conceptuais tomadas nos diferentes níveis, ou camadas, de detalhe.
- Incorporar princípios importantes da Análise/Engenharia do Valor num contexto de DFSS.

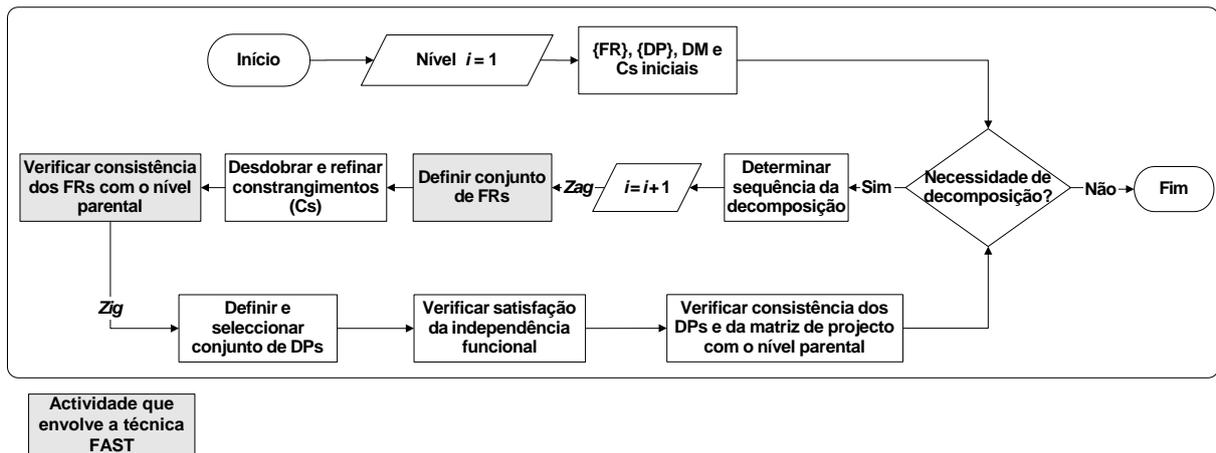


Figura 5.24 – Método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV).

Ao iniciar o processo de decomposição (no nível $i = 1$), é necessário determinar a ordem pela qual os diferentes pares FR-DP, posicionados na diagonal principal da matriz de projecto, serão desdobrados. Segundo Tate (1999), e conforme transcrito no apêndice X, a sequência a seguir deve ser aquela que é indicada na matriz de projecto; além disso, desde que essa ordem seja seguida, não existe prejuízo pelo facto de se decompor um ramo da hierarquia mais aprofundadamente do que outro.

Descendo ao nível de detalhe seguinte ($i = 2$), imediatamente abaixo daquele onde se situam as funções básicas, importa definir, para cada par FR-DP decomposto, o número necessário e suficiente de subrequisitos funcionais (sub-FRs) que, em conjunto, permitirão: (1) desempenhar o respectivo FR parental; (2) descrever de forma completa o seu DP parental. A técnica FAST, em conjunto com as linhas de orientação fornecidas por Tate (1999), desempenham um papel relevante nesse objectivo. Na definição consistente dos sub-FRs, as seguintes boas práticas²¹ são consideradas pelo MDCV:

- Todas as potenciais fontes para a identificação de sub-FRs devem ser consideradas, nomeadamente as seguintes, e pela ordem de importância indicada: (1) DP parental; (2) FR parental; (3) constrangimentos (Cs) situados no nível parental; (4) matriz de projecto (DM) situada no nível parental; (5) conjunto de n requisitos aplicáveis ao sistema de interesse ($R_C = \{r_{c1}, r_{c2}, \dots, r_{ci}, \dots, r_{cn}\}$) (Tate, 1999).
- A definição de sub-FRs, a partir do DP parental, deve ter por base as funções básicas desempenhadas por esse DP.
- A definição de sub-FRs, a partir do FR parental, deve ter por base a relação lógica intuitiva “Como-Porquê”, neste caso a questão “Como”, pois o(s) sub-FR(s) detalha(m) o FR parental.
- Os sub-FRs que derivem do FR parental, e que cumpram a lógica intuitiva no sentido “Como”, são classificados como funções dependentes; os sub-FRs que não cumpram essa lógica são classificados de funções independentes, ou de suporte.
- Os sub-FRs que sejam classificados como funções de suporte, dado não fazerem parte do caminho primário com origem nas funções básicas do sistema de interesse, podem ser considerados como pertencentes ao nível-folha, não havendo nesse caso necessidade de os decompor mais.

²¹ Estas boas práticas aplicam-se em qualquer nível da hierarquia em que o processo de decomposição ocorra.

- f) A definição de sub-FRs, a partir dos constrangimentos, a acontecer, deve ter origem em: (1) especificações críticas de desempenho; (2) constrangimentos de interface.
- g) Para além das práticas descritas nas alíneas entre a) e f), o MDCV adopta as linhas de orientação propostas por Tate (1999), que se encontram transcritas no apêndice X.2.

Para proceder ao desdobramento e refinamento dos constrangimentos inicialmente definidos, o MDCV adopta as linhas de orientação propostas por Tate (1999), transcritas no apêndice X.3. Os constrangimentos aplicáveis neste segundo nível ($i = 2$) e a sua relação com os sub-FRs situados neste mesmo nível devem ser registados numa tabela semelhante àquela representada no quadro 5.8. Antes de transitar do domínio funcional para o domínio das soluções de projecto, importa primeiro confirmar a consistência dos sub-FRs definidos relativamente ao seu FR parental.

A definição e selecção do conjunto de sub-DPs que permitam realizar, de forma independente, os sub-FRs anteriormente estabelecidos processa-se da mesma forma que foi descrita na secção 5.4.2.3, incluindo a construção e análise da matriz de projecto e a elaboração da tabela FR/DP. A verificação da consistência dos sub-DPs deve atender às linhas de orientação de Tate (1999), transcritas no apêndice X.4, e à classificação hierárquica dos parâmetros de projecto indicada no quadro 3.11. A verificação da consistência das decisões conceptuais deve também ser efectuada através da construção e análise da matriz global de projecto, correspondente a este nível de detalhe ($i = 2$).

A decomposição dos FRs, DPs e matrizes de projecto, assim como o desdobramento e refinamento dos constrangimentos, prosseguem de forma recursiva, conforme indica a figura 5.24, até a arquitectura do sistema de interesse estar completamente detalhada, ou seja, quando todos os níveis-folha, situados nos diversos ramos do diagrama em árvore, resultante dos desdobramentos efectuados, estiverem determinados. A figura 5.25 exemplifica a estrutura hierárquica obtida, em resultado da aplicação do MDCV, para o caso genérico de um sistema composto por u funções básicas e uma função secundária, sendo possível visualizar a articulação entre a decomposição funcional baseada na técnica FAST a decomposição assente nos princípios da teoria de Projecto Axiomático.

Quando o projecto de DFSS envolver um sistema de interesse em que a variedade temporal esteja presente, os procedimentos de decomposição subjacentes à utilização do MDCV são os mesmos; contudo, é necessário ter em consideração as seguintes particularidades:

- O sistema de interesse terá de satisfazer, ao longo do tempo, diferentes conjuntos de FRs e/ou que cumprir diferentes definições operacionais (especificações) associadas a um mesmo conjunto de FRs.
- Face a essa variedade funcional temporal, conhecida com mais ou menos certeza (ver figura 3.13 do capítulo 3), são pré-definidos, durante as actividades conceptuais realizadas ao longo da decomposição, diferentes DPs e/ou distintos valores/níveis para um mesmo DP, que permitam satisfazer as diversas combinações possíveis de FRs que se possam antecipar.
- São incluídas funções de comando e controlo em diferentes níveis da decomposição, sendo estas responsáveis por garantir que o sistema de interesse se adapta às diversas circunstâncias funcionais, ao accionar e coordenar os DPs e respectivos níveis/valores, que melhor corresponderão às diferentes combinações de FRs solicitados ao longo do tempo.

Existem três tipos de funções de comando e controlo:

- *Tipo I* – É normalmente definida no mesmo nível da(s) função(ões) básica(s) do sistema de interesse. Qualquer função básica é inalterável, mas o requisito/especificação a ela associado pode variar ao longo do tempo. Se tal suceder, a função de comando e controlo seleccionará ou accionará o DP mais apropriado para a satisfação desse FR. A escolha do DP²² ditará o conjunto de sub-FRs a estabelecer no nível de decomposição seguinte. A função FR₄ indicada no exemplo do quadro 5.11 é de comando e controlo de tipo I.
- *Tipo II* – Função tipicamente situada nos níveis intermédios da decomposição. É responsável por programar o accionamento dos DPs que se encontram posicionados no mesmo nível de detalhe, com o objectivo de garantir a concretização dos FRs aplicáveis no período de tempo considerado. Este tipo de função de comando e controlo pode também, à semelhança da de tipo I, ser responsável pela selecção de DPs que se desdobrarão em novos sub-FRs.
- *Tipo III* – Função geralmente situada num nível-folha da hierarquia, visa normalmente controlar ou ajustar os níveis/valores dos DPs, situados nesse nível-folha, de maneira a que consigam satisfazer as definições operacionais das CTQCs associadas aos FRs situados nesse nível da decomposição.

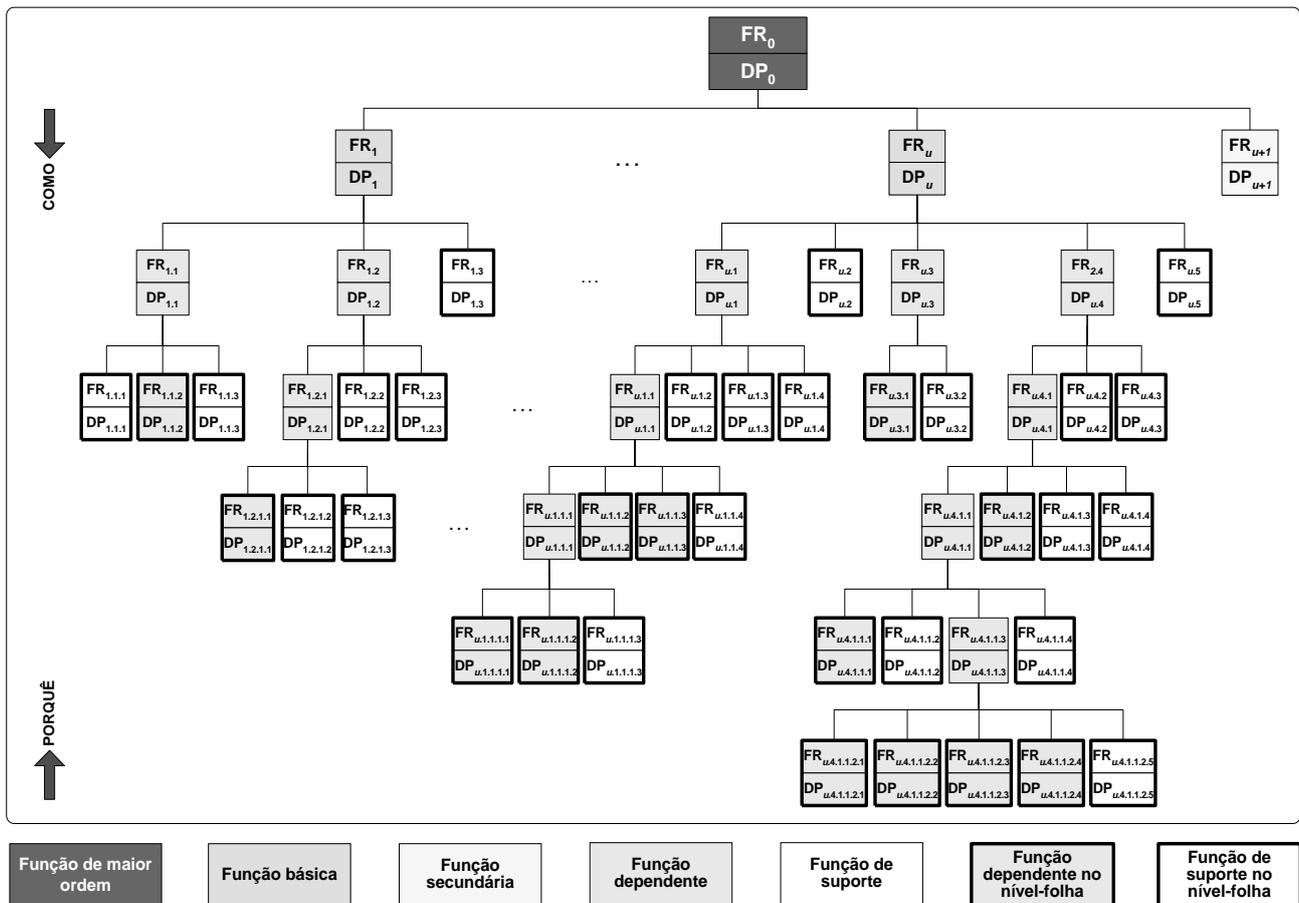


Figura 5.25 – Articulação entre a decomposição baseada na teoria de Projecto Axiomático e a FAST.

²² A escolha de um outro DP ditaria o estabelecimento de um conjunto diferente de sub-FRs..

Os procedimentos de decomposição subjacentes à utilização do MDCV são também os mesmos num projecto de DFSS que envolva variedade espacial, sendo, no entanto, importante entrar em linha de conta com o seguinte:

- As diferenças nos requisitos de projecto, entre as variantes previstas para o sistema de interesse, aparecem habitualmente sob a forma de constrangimentos, nomeadamente de especificações críticas de desempenho e de constrangimentos de interface. Quando estes dois tipos de constrangimentos forem refinados/convertidos em sub-FRs, algures durante o processo de decomposição, então poderá ser necessário seleccionar sub-DPs alternativos que os satisfaçam, atendendo às especificidades próprias das variantes.

5.4.3. Fase de Optimização – *Optimise*

Esta fase é composta pelas seguintes etapas, cada uma constituída por uma série de actividades:

- 1) Minimização das vulnerabilidades conceptuais da solução.
- 2) Integração dos elementos de solução em elementos estruturais do sistema.
- 3) Verificação dos níveis de desempenho funcional face às CTQCs.
- 4) Optimização dos níveis de desempenho funcional.

5.4.3.1. Minimização das vulnerabilidades conceptuais da solução

No final da decomposição, quando é construída e analisada a matriz global de projecto para aferir sobre a consistência das decisões conceptuais tomadas até aos níveis-folha, pode concluir-se que a intenção inicial, visando assegurar a independência funcional dos requisitos associados às funções básicas, não foi concretizada. Nesse caso, esta matriz de projecto, constituída por todos os FRs e DPs localizados nos níveis-folha, exibirá um padrão revelador de projecto acoplado. A ocorrência desta situação é mais provável de acontecer em projectos de inovação radical do que de inovação substancial, dado a menor maturidade do conceito de referência.

A utilização do MDCV no processo de decomposição visa precisamente evitar que este tipo de inconsistência ocorra. No entanto, ela pode ser inevitável devido à existência de limitações físicas, tecnológicas, de custo, e/ou de outra ordem, que não sejam possíveis resolver através de medidas conceptuais geradas, por exemplo, a partir da aplicação da abordagem TRIZ na resolução de contradições técnicas e/ou físicas. Caso a matriz global de projecto obtida no final do processo de decomposição evidencie acoplamento, e se não for viável (por motivos técnicos, financeiros e/ou de tempo) refazer o processo de decomposição, a partir do ponto onde a inconsistência foi introduzida, propõe-se que a minimização das vulnerabilidades conceptuais seja obtida através da reordenação dessa matriz, tal como sugerido por Melvin e Suh (2002), de modo a triangulizá-la o mais possível.

Quando a variedade temporal e/ou espacial estiver(em) presente(s), obter-se-á mais do que uma matriz global de projecto nos níveis-folha. Isto acontece por causa da heterogeneidade em alguns dos requisitos funcionais e/ou constrangimentos, que conduz a que, nalguns dos nós (pares FR-DP) da

hierarquia da decomposição, haja a necessidade de prever diferentes ou alternativos elementos de solução. A verificação da inconsistência deve, nestes casos, ser efectuada em todas as matrizes globais de projecto, reordenando-se aquela(s) que apresentar(em) vulnerabilidades conceptuais.

5.4.3.2. Integração dos elementos de solução em elementos estruturais do sistema

A segunda etapa da fase de *Optimise* envolve a realização das seguintes actividades principais:

- i. Determinação das relações existentes entre DPs e evitar interacções negativas entre eles.
- ii. Integração ou incorporação dos DPs em elementos estruturais do sistema (SCs).
- iii. Agregação e articulação dos SCs de modo a constituir o sistema no seu todo.

Os DPs resultantes do processo de decomposição representam soluções de projecto, que permitem satisfazer ou realizar os respectivos FRs. Os DPs fazem parte de ou são fornecidos/gerados por elementos estruturais do sistema, os quais têm natureza mais ou menos tangível, conforme a morfologia desse sistema. O termo “elementos estrutural do sistema”, aqui adoptado, equivale ao conceito de componente do sistema (SC) apresentado na secção 3.3.2.7 do capítulo 3. Embora, por vezes, determinados DPs e SCs possam coincidir, os conceitos são diferentes, conforme discutido nessa mesma secção da tese. Tipicamente, nas seguintes tipologias de sistema, os elementos estruturais (SCs) correspondem a:

- Num produto de tipo *hardware*, os SCs correspondem predominantemente a componentes ou outros tipos de estruturas físicas.
- Num produto de tipo serviço, os SCs correspondem a elementos da infraestrutura necessária à realização do serviço, tais como os seguintes: equipamentos e meios de processo, áreas de trabalho, instalações e respectivo *layout*, estruturas procedimentais e documentais, sistemas de informação, sistemas de gestão e controlo.
- Num produto de tipo *software*, os SCs serão linhas de código e outros elementos lógicos equivalentes que permitam implementar, em linguagem de programação, algoritmos e estruturas de dados.
- Numa tipologia de processo, seja de realização ou de suporte, os SCs correspondem, entre outras possibilidades, a equipamentos de processo, sistemas de medição, e controlo, postos/áreas de trabalho, estruturas procedimentais, sistemas de informação.
- Na tipologia referente a métodos organizacionais, os SCs podem dizer respeito a unidades de gestão interna e/ou externa, estruturas lógicas e cognitivas, áreas organizacionais, estruturas procedimentais e documentais, entre outras possibilidades.
- A nível dos métodos de *marketing*, os SCs podem corresponder, mas não se limitar a: componentes decorativas e/ou de estilo, espaços e infraestruturas, estruturas lógicas e cognitivas, sistemas de informação, redes e pontos de distribuição.

Antes de proceder à incorporação dos elementos de solução (DPs) em elementos estruturais (SCs), é importante compreender as interacções existentes entre os DPs e os efeitos, benéficos ou nocivos,

que as mesmas podem provocar. Tal ajudará a equipa de projecto de DFSS a definir uma estratégia para a integração dos DPs, que lhe permita responder, entre outras eventuais, às seguintes questões:

- Quais os DPs que podem ou devem ser integrados num mesmo SC?
- Quais os DPs que, mesmo não sendo integrados num mesmo SC, devem situar-se próximos uns dos outros?
- Quais os DPs que requerem conexão, e qual o tipo de conexão/ligação mais adequado?
- Quais os DPs que devem ser separados no tempo ou no espaço?
- Há algum DP que possa ou deva ser integrado em mais do um SC?

O estudo das interfaces e relações (lógicas, espaciais, geométricas económicas, eléctricas, químicas, etc.)²³ entre os DPs situados nos níveis folha²⁴, ajudando a responder às questões anteriores, pode ser feito através da construção de uma matriz DSM, ou matriz DP/DP. A matriz DSM baseada em componentes é, segundo Malmqvist (2002), a mais indicada para este propósito. Este tipo de matriz DSM procede, através de algoritmos de *clustering*, à reordenação da matriz inicial, procurando agrupar, em torno da diagonal principal da matriz, aqueles DPs cuja interação é benéfica ao sistema de interesse, podendo estes ser integrados num mesmo elemento estrutural. O funcionamento da matriz DSM baseada em componentes está muito bem documentado em Browning (2001).

A integração dos DPs em SCs deve ser feita de modo tal a preservar a independência funcional do sistema. Simultaneamente, a integração é uma oportunidade para simplificar a solução de projecto definida para o sistema de interesse, reduzindo assim o seu conteúdo de informação. Ainda antes de concretizar a integração dos DPs em SCs, devem ponderar-se alternativos dimensionamentos para os DPs e distintas disposições físicas, espaciais e/ou lógicas entre eles. Devem igualmente ser estudadas diferentes maneiras possíveis de integração dos DPs, o que inclui também a escolha dos próprios elementos estruturais (SCs). As seguintes questões são habitualmente pertinentes:

- a) Como se pode minimizar o número necessário de SCs para incorporar os DPs?
- b) É viável, técnica e economicamente, reutilizar ou reaproveitar SCs existentes?
- c) Se vários DPs forem alocados a um mesmo SC, a independência funcional é mantida? Em caso negativo, é possível separar no tempo o desempenho dessas funções e, dessa forma, garantir essa independência?
- d) O cenário de integração previsto garante a satisfação de todas as propriedades de ciclo de vida relevantes para o sistema, incluindo a minimização dos custos de ciclo de vida?
- e) É expectável que os níveis de desempenho requeridos para as funções básicas do sistema sejam atingidos através da estratégia pensada para a integração dos DPs?
- f) Como lidar com os interfaces entre DPs de diferentes tipos ou morfologias?
- g) O *layout* previsto facilita acções de reconcepção visando o lançamento futuro de novas gerações do sistema de interesse?

²³ Os tipos de interações variam de sistema para sistema, em função da sua morfologia.

²⁴ Apenas vale a pena incluir os DPs situados nos níveis-folha, pois os DPs parentais são constituídos por eles (Suh, 2005).

A família de técnicas DFX, o modelo *Contact & Channel Model* (C&CM) e os princípios de *Lean Design* são abordagens que podem ser usadas para auxiliar na integração de DPs em SCs. Yang e El-Haik (2003) identificam um leque muito abrangente de técnicas de DFX, aplicáveis a diferentes morfologias de sistemas, enquadrando-as num contexto de DFSS. Marques *et al.* (2009) exploram sinergias entre o modelo C&CM e a teoria de Projecto Axiomático, contextualizando-as numa metodologia de DFSS. Jugulum e Samuel (2008), situam os princípios do *Lean Design* numa metodologia de DFSS, discutindo também as semelhanças entre esses princípios e a teoria de Projecto Axiomático. Os corolários da teoria Axiomática, principalmente os corolários 3, 4 e 5, também devem servir de guia na integração dos DPs em SCs.

Quando a integração dos elementos de solução (DPs), em elementos estruturais do sistema (SCs) estiver concluída, é frequentemente necessário ainda proceder à agregação desses SCs em conjuntos de SCs ou subsistemas, os quais, em conjunto, formarão o sistema completo. Para proceder à agregação dos SCs, pode usar-se novamente o DSM baseado em componentes.

Se o projecto de DFSS envolver variedade espacial, em que ao longo do tempo são accionados diferentes DPs, de modo a que diversas combinações de FRs, que podem mudar em diferentes instantes temporais, possam ser independentemente satisfeitos, a tarefa para integrar os DPs em SCs exige que sejam tidas em conta algumas particularidades. A integração dos DPs em SCs, em contextos de variedade temporal, foi amplamente estudada por Tate (1999), pelo que as linhas de orientação, sugeridas nesse trabalho pelo autor, são adoptadas nesta metodologia de DFSS.

Num contexto de variedade espacial, haverá DPs que são comuns a todas as variantes previstas (isto é, farão parte de uma mesma plataforma) e outros que serão exclusivos de uma ou de algumas delas. Os DPs não comuns à totalidade das variantes visam satisfazer FRs associados a necessidades e expectativas de alguns grupos e/ou segmentos de clientes; equivalem portanto a soluções personalizadas, com carácter opcional ou não, e que por isso podem eventualmente ter que ser incorporados num ou mais SC(s) específico(s), que não faça(m) parte da plataforma comum às variantes. Alguns DPs podem ser comuns a todas as variantes, mas terem diferentes níveis/valores associados. É muitas vezes o caso dos correspondentes FRs, em que as especificações críticas de desempenho, que lhes dão origem, são definidas de forma diferenciada, na *Variety House of Quality*, para cada uma das variantes previstas. O trabalho publicado por Sivard (2000) apresenta algumas indicações úteis para a integração de DPs em SCs quando a variedade espacial está presente. Note-se finalmente que a independência funcional, vincada no axioma 1 do Projecto Axiomático, promove, sempre que for preciso, a modularização da arquitectura do sistema de interesse para, dessa maneira se conseguirem obter diferentes configurações/variantes do sistema.

5.4.3.3. Verificação e optimização dos níveis de desempenho funcional face às CTQCs

Esta subsecção engloba as duas últimas etapas da fase de *Optimise* do mapa IDOV, nas quais são determinados e optimizados os níveis de desempenho do sistema de interesse, relativamente às suas CTQCs. As etapas de verificação e optimização podem ocorrer recursivamente, até se determinarem os melhores níveis ou valores para os DPs, e outros eventuais factores controláveis, que optimizam o

funcionamento do sistema. Quando se consegue obter, no final do processo de decomposição, uma solução de projecto desacoplada ou desacoplável, pode evitar-se essa recursividade. A optimização deve, no caso de um projecto desacoplável, seguir a ordem indicada na matriz global de projecto obtida no final, a qual contém todos os FRs e DPs referentes aos níveis-folha.

As etapas anteriores, em que a teoria axiomática foi utilizada, deverá ter permitido otimizar a robustez conceptual do sistema de interesse. A robustez conceptual do sistema é um factor que concorre para a sua robustez operacional, pois previne, não só iterações desnecessárias na realização das funções, penalizadoras da eficiência, como também o aparecimento de factores de ruído provocados por situações de acoplamento. Na optimização do desempenho funcional, assume-se que as principais decisões conceptuais já estão tomadas.

A determinação e optimização dos níveis de desempenho centram-se, na maior parte das vezes, nos níveis inferiores da decomposição, com predominância para os níveis-folha. Isto sucede porque nestes níveis de maior detalhe, é que é possível medir os valores de grandezas (físicas, dimensionais, temporais, de massa, temperatura, de força, etc.) concretas associadas a variáveis contínuas, e/ou verificar/observar, de forma clara e não ambígua, se determinados atributos críticos para o desempenho são, ou não, totalmente cumpridos ou satisfeitos. A secção 2.4 (capítulo 2), apresentou e discutiu um leque alargado de métricas que podem ser usadas para, através dos dados recolhidos (medidos e/ou observados), estimar os níveis de desempenho, tanto em termos de eficácia (e.g. Nível Sigma, *DPMO*, *RTY*) como de eficiência (e.g. eficiência e tempo de ciclo), do sistema de interesse.

A verificação e optimização do desempenho funcional não incidem sobre todos os FRs situados nos níveis inferiores da decomposição, mas naqueles que cumpram ambas as condições seguintes:

- FRs que estejam associados a uma função dependente, resultante da decomposição da função básica.
- FRs que derivem do refinamento das especificações críticas de desempenho.

A detecção dos FRs que cumpram estas duas condições delimita a escolha das CTQCs que importa considerar para a optimização dos níveis de desempenho do sistema de interesse no seu todo. O número de CTQCs não tem necessariamente que ser igual ao de FRs. Os DPs correspondentes a estes FRs, equivalem, por norma, a factores controláveis cujos níveis/valores podem ser ajustados determinarão a aptidão do sistema para conseguir satisfazer as definições operacionais, ou especificações, associadas às CTQCs. Para além dos factores controláveis, é igualmente relevante identificar factores não controláveis, ou de ruído, que interfiram negativamente no desempenho do sistema, provocando um aumento da variabilidade registada nas CTQCs.

A compreensão das relações de causa-efeito, proporcionada pelo conhecimento acerca das CTQCs (variáveis de resposta, ou *Y*, associados aos FRs), dos DPs (factores controláveis, ou *X*) e dos factores não controláveis (*N*) abre o caminho à equipa de projecto de DFSS para poder definir as funções de transferência, na forma de modelos matemáticos, que obedeça à relação espelhada na equação 2.1 do capítulo 2. O objectivo da optimização é o de encontrar os melhores valores/níveis para os factores controláveis, que maximizem a probabilidade de que as definições operacionais,

associadas às CTQCs, sejam efectivamente satisfeitas; isso será tanto mais conseguido quanto mais imune o sistema de interesse for aos factores de ruído.

Existem múltiplas abordagens à optimização de sistemas. Em parte, a selecção da mais adequada depende da morfologia e da maturidade do sistema de interesse, particularmente a primeiras destas duas dimensões. Yang (2005a), por exemplo, refere que o Projecto Robusto de Taguchi (*Taguchi Robust Design*), recomendado por grande parte da literatura sobre DFSS, não é indicado para processos transaccionais e outros sistemas intangíveis em geral. Para este tipo de sistemas, técnicas de optimização de processos, oriundas do BPM (*Business Process Management*) e do *Lean Management*, podem revelar-se úteis.

A adequação do(s) método(s) de optimização a utilizar nesta etapa depende também:

- a) Do tipo de variável, contínua ou discreta, inerente a cada CTQC.
- b) Da optimização visar uma única CTQC ou múltiplas CTQCs em simultâneo.
- c) Do modo como a optimização pode ser modelada:
 - o Optimização por experimentação com o verdadeiro sistema de interesse.
 - o Optimização por experimentação com um modelo do sistema de interesse.
 - o Optimização usando modelo(s) matemático(s), através de soluções analíticas.
 - o Optimização usando modelo(s) matemático(s), através de simulação.
 - o Optimização qualitativa.
- d) Da probabilidade e incerteza nos factores de entrada:
 - o Optimização determinística, para quando os factores de entrada forem conhecidos com certeza.
 - o Optimização não determinística *fuzzy (fuzzy logic)*, para quando os valores dos factores de controlo não puderem ser especificados com precisão.
 - o Optimização Bayesiana, para lidar com incerteza nos factores de controlo.
 - o Optimização estocástica, quando os valores dos factores de controlo forem modelados através de distribuições estatísticas.
- e) De a função de transferência, sendo conhecida ou tendo sido deduzida, ser ou não linear.
- f) De a optimização ser dinâmica ou estática.
- g) De serem explicitadas restrições nos valores que a CTQC pode assumir.

No apêndice XXII indicam-se várias das muitas técnicas de optimização que podem ser usadas, juntamente com as referências bibliográficas que as discutem em pormenor. Os níveis de desempenho estimados para as CTQCs, determinados antes e após a optimização, devem ser registados em *Design Scorecards*, cuja estrutura pode ser ajustada à medida das necessidades. Estruturas alternativas para os *Design Scorecards* podem ser encontradas em Yang e El-Haik (2003), Ginn e Varner (2004) e Gitlow *et al.* (2006).

A optimização de desempenho pode ainda visar, se tal for recomendável face ao tipo de sistema de interesse, a optimização estrutural (e.g. optimização por análise de elementos finitos de um produto), de fluxos e *layouts* (e.g. simplificação de *layout* produtivo e minimização de tempos de transporte e movimentação através de ferramentas Lean como o *spaghetti diagram* e o *Value Stream Mapping*).

Se o sistema de interesse for um produto, é ainda necessário verificar e confirmar a capacidade dos respectivos processos produtivos para assegurar as especificações definidas para os DPs (normalmente situados nos níveis-folha).

O estágio de optimização do desempenho do sistema de interesse envolve também a identificação e mitigação de factores de risco, potencialmente causadores de problemas, ou de falhas, durante o tempo útil de vida do sistema de interesse. A Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA) é uma excelente técnica para levar a cabo este objectivo. Existem vários tipos de FMEA, de acordo com a morfologia do sistema de interesse (produto, processo, *software*, serviço, etc.), embora todos eles partilhem uma estrutura similar e os mesmos princípios-chave. Vários tipos de FMEA e a explicação detalhada de cada um deles podem ser consultados em Dyadem Engineering Corporation (2003).

5.4.4. Fase de Validação – *Validate*

Esta fase é composta pelas seguintes etapas, cada uma constituída por uma série de actividades:

- 1) Realização de teste(s)-piloto a protótipo(s) do sistema de interesse.
- 2) Verificação dos resultados obtidos no(s) teste(s)-piloto.
- 3) Validação do sistema de interesse.
- 4) Preparação da transição do sistema de interesse para operação.

O sistema de interesse não deve ser validado sem antes ser sujeito a prováveis ajustes e refinamentos finais, através de testes e avaliações-piloto de um ou mais protótipos que represente(m), o mais fielmente possível o sistema de interesse²⁵. A natureza de um protótipo, ou modelo equivalente, depende naturalmente da morfologia do sistema de interesse, mas também do custo necessário para construí-lo e de outras eventuais restrições²⁶. Exemplificam-se de seguida diferentes tipos de protótipos que cobrem diferentes categorias da dimensão morfologia: versões Alfa e Beta de um *software*, *final draft* de uma norma, maquete de um edifício para testes em túnel de vento, *concept car* de um automóvel, série-piloto de um processo produtivo, protótipo conversor de energia a partir das ondas do oceano, modelo de simulação para a realização de ensaios termodinâmicos a materiais refractários, modelo gráfico interactivo 3D do interior de um automóvel, loja-piloto resultante de projecto de inovação de *marketing*, modelo físico de uma peça obtido por prototipagem rápida.

A realização da verificação do desempenho do(s) protótipo(s) deve permitir reproduzir, o mais fielmente que for possível, as condições e o ambiente em que o sistema terá que interagir durante o seu tempo útil de vida. A realização dos testes, ensaios e avaliações, bem como dos consequentes ajustes e refinamentos devem durar o tempo suficiente e necessário para que se obtenham os dados/resultados julgados conclusivos para a tomada de decisão acerca da validação final do sistema. Normalmente, a duração das avaliações feitas ao(s) protótipo(s) do sistema de interesse é mais extensa em projectos de DFSS que se enquadrem num contexto de inovação radical do que naqueles em que o nível de inovação assume uma vertente substancial.

²⁵ Por vezes, é vantajoso que o protótipo recrie apenas um dado subsistema do sistema de interesse.

²⁶ Tais restrições levam a que, por vezes, não se construa um modelo físico à escala real, mas, em alternativa, se opte por modelos gráficos e/ou numa escala reduzida.

Os resultados dos testes e avaliações devem, sempre que possível, ser registados em *Design Scorecards*. Se os resultados obtidos nos testes e avaliações-piloto mostrarem a necessidade de se procederem a ajustes muito significativos, pode haver necessidade de recuar até à fase de *Optimise*, e eventualmente até à de *Design*, para se proceder a alterações necessárias no sistema.

A validação final do sistema de interesse não deve ser feita somente no relativo aos seus aspectos técnicos e funcionais, mas nas outras vertentes necessárias à sua transição segura para operação. Isto inclui aspectos de natureza comercial, de *marketing*, logística, produtiva, entre outras eventuais. O projecto de DFSS só encerrará quando se confirmar a validação do sistema de interesse e for aprovado o plano de transição desse sistema para a fase útil do seu ciclo de vida.

As seguintes técnicas ou ferramentas, entre outras possíveis, podem ajudar nesta última fase do mapa IDOV: listas de verificação, FMEA, fluxogramas, ferramentas de análise de processos contidas na abordagem de BPM, ferramentas de planeamento e gestão da qualidade, DOE, SPC e estudos da capacidade do processo, técnicas de simulação, *poka-yoke*.

5.5. Conclusões

Com este capítulo, dedicado maioritariamente à abordagem metodológica de DFSS, pretendeu-se contribuir para a evolução desta temática, através do desenvolvimento das seguintes vertentes, ainda pouco exploradas na actual literatura publicada:

- Enquadramento das abordagens metodológicas do Seis Sigma, em particular a de DFSS, em função da maturidade e da morfologia do sistema de interesse.
- Incorporação de soluções na metodologia de DFSS que permitam lidar com situações de variedade, sobretudo de ordem temporal e espacial, do sistema de interesse, nas fases com maior predominância conceptual.
- Contextualização da metodologia de DFSS proposta num modelo global de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma.
- Definição, através do modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, de critérios que ajudem a determinar, o mais cedo possível, o mapa metodológico mais aconselhado à realização de um dado projecto, bem como de sinergias que permitam transitar facilmente entre mapas, sempre que tal se revele necessário, sem comprometer significativamente o trabalho já efectuado.

As conclusões do capítulo encontram-se organizadas em torno de três grupos. O primeiro grupo de conclusões concentra-se nas dimensões morfologia, maturidade e variedade, sobretudo no modo como estas influenciam o trajeto de um projecto de DFSS. O segundo focaliza as conclusões no modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, no qual se insere a metodologia de DFSS proposta. Finalmente, no terceiro grupo, enunciam-se as conclusões relativas à metodologia, baseada no mapa IDOV, proposta na tese.

No que respeita aos factores morfologia, maturidade e variedade, as principais conclusões são as seguintes:

- A dimensão maturidade está directamente ligada ao nível de inovação subjacente a um projecto Seis Sigma. Sistemas de interesse pouco maduros, pelo facto de ainda não haver uma solução conceptual dominante, têm mais propensão para estarem envolvidos em iniciativas de inovação substancial, ou mesmo radical. Pelo contrário, é mais provável empreender acções de carácter incremental em sistemas maduros.
- A escolha do mapa metodológico a adoptar num projecto Seis Sigma depende do nível de inovação subjacente ao projecto, ou seja, da dimensão maturidade. Para projectos que envolvam inovação substancial ou radical, é aconselhável usar o IDOV como mapa de referência. Em projectos de melhoria incremental, que não envolvam reconcepção, o mapa metodológico mais adequado é o DMAIC. Em projectos de inovação incremental, onde pode haver reconcepção, o mapa metodológico mais indicado é o DMA(DV)C.
- O nível de inovação dita a localização, na hierarquia resultante do processo de decomposição, onde pode haver alterações às decisões conceptuais. Em projectos de inovação incremental, na qual existe uma incursão pelo DFSS, só podem acontecer alterações aos elementos de solução (DPs) que se situem no nível-folha. Em projectos de DFSS aliados a um nível substancial de inovação, as alterações nos DPs podem ser efectuadas em qualquer nível da decomposição. Em projectos de DFSS envolvendo inovação radical é necessário definir um novo conjunto de DPs no nível superior da decomposição.
- Um projecto de DFSS só envolverá inovação radical quando as funções básicas do sistema de interesse não puderem ser satisfeitas por nenhum conceito (combinação de DPs) conhecido capaz de as satisfazer plenamente.
- A dimensão morfologia está directamente relacionada com a tipologia do sistema de interesse, a qual determina o tipo de inovação inerente a um projecto Seis Sigma, incluindo um de DFSS. A categorização dos tipos de inovação sugerida no Manual de Oslo e no referencial normativo NP 4456:2007 é adoptada para a dimensão morfologia.
- A propriedade da dimensão morfologia que mais condiciona a escolha das técnicas e ferramentas, a utilizar durante a realização de um projecto de DFSS, é o grau de tangibilidade do sistema de interesse.
- É possível enquadrar qualquer tipo de projecto Seis Sigma, através da relação entre as categorias estabelecidas para as dimensões maturidade e morfologia. Esta relação, patente no modelo da figura 5.10, é coerente com a estratégia de criação de valor ICRA, associada à terceira geração do Seis Sigma.
- A dimensão variedade está associada à heterogeneidade dos requisitos de projecto a satisfazer pelo sistema de interesse, por diferentes gerações do sistema de interesse, ou então por duas ou mais variantes desse sistema de interesse. Desta definição resultam, respectivamente, três categorias de variedade: temporal, geracional e espacial.
- Uma ou mais dessas categorias de variedade podem estar presentes num projecto de DFSS. No limite, os três tipos de variedade podem estar presentes.

- Dos três factores (morfologia, maturidade e variedade), a dimensão variedade, pela incerteza adicional que introduz causada pela heterogeneidade nos requisitos, é aquela que mais especificidades de abordagem cria na metodologia de DFSS proposta.

Das conclusões relativas ao modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, destacam-se as seguintes:

- O modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, representado na figura 5.12, fornece um processo sistemático para determinar, o mais cedo possível, qual o mapa metodológico mais indicado para realizar um determinado projecto, ou potencial projecto, Seis Sigma. Os mapas metodológicos considerados neste modelo são coerentes com a classificação definida para a dimensão maturidade.
- É possível transitar entre diferentes mapas metodológicos, caso a escolha inicial da abordagem não tenha sido a mais acertada, tirando partido das sinergias e simbioses existentes entre o DFSS e a abordagem Seis Sigma de melhoria contínua, baseada no DMAIC. A quarta fase do modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma permite efectivar essa transição.

Finalmente, indicam-se as conclusões mais relevantes a nível da metodologia de DFSS proposta:

- A metodologia insere-se em projectos de DFSS que envolvam níveis substanciais ou radicais de inovação, pelo que, em consonância com a categorização estabelecida para a dimensão maturidade, é adoptado o mapa metodológico IDOV.
- As actividades previstas, que decorrem, em cada uma das etapas contidas nas fases do mapa IDOV, são realizadas independentemente da morfologia e maturidade do sistema de interesse, ou de alguma situação de variedade estar presente no projecto de DFSS.
- Não obstante a conclusão anterior, ficou demonstrada a necessidade de adaptar o modo como algumas actividades são efectuadas em função de especificidades introduzidas pelo nível e tipo de inovação envolvidos no projecto, mas principalmente pela eventual presença de variedade temporal e/ou espacial. Essa adaptação concretiza-se na maneira de abordar a aplicação de alguns dos métodos, técnicas e/ou ferramentas sugeridos na metodologia, ou então na utilização de técnicas/ferramentas especialmente indicadas para determinadas situações de morfologia, maturidade e/ou variedade.
- A morfologia do sistema de interesse exerce alguma influência no modo como um projecto de DFSS decorre, principalmente o seu grau de tangibilidade, o qual condiciona a natureza dos elementos de solução (DPs) e dos elementos estruturais (SCs) a definir para o sistema. Algumas das técnicas/ferramentas sugeridas na metodologia de DFSS proposta são particularmente úteis em determinados contextos morfológicos, tais como, por exemplo: a técnica de casos de uso (*Use cases scenario*) no levantamento proactivo de necessidades e expectativas quando o sistema de interesse é um *software*; o modelo C&CM (*Contact and Channel Model*) na tarefa de incorporação de DPs em SCs em sistemas de interesse tangíveis (e.g. produtos do tipo *hardware*).

- O nível de inovação subjacente ao projecto de DFSS, ou seja, a maturidade do sistema de interesse, determina fortemente a intensidade criativa necessária a empregar nas actividades conceptuais. Assim, a utilização de ferramentas da criatividade e da abordagem TRIZ ocorre com maior predominância num contexto de inovação radical do que de inovação substancial. Além disso, a incerteza e subjectividade inerentes à determinação das CTQCs é superior em projectos de inovação radical, pelo que pode ser aconselhável adoptar variantes do QFD que acomodem essa incerteza; a metodologia de DFSS proposta sugere, para tais situações, a utilização do QFD *Evidential Reasoning*.
- De todas, a dimensão variedade é aquela que introduz maiores particularidades na maneira de aplicar a metodologia de DFSS proposta; isto é sobretudo verdade perante situações de variedade temporal, mas também de variedade espacial. Para lidar com situações de variedade espacial, temporal e geracional, na determinação das CTQCs, propôs-se um novo tipo de Casa da Qualidade, que se designou por *Variety House of Quality (VHoQ)*. Outra das etapas que exige grande especificidade procedimental é aquela em que ocorre o processo de decomposição, sendo que a metodologia de DFSS fornece soluções para aplicar o método de decomposição proposto na tese (MDCV – Método de Decomposição Centrado na criação de Valor) a tais circunstâncias.
- A consistência das decisões conceptuais, tomadas durante o processo de decomposição, pode ser reforçada através da articulação entre técnica FAST (*Functional Analysis System Technique*) e o Projecto Axiomático. Essa articulação constitui a espinha dorsal do método de decomposição MDCV sugerido nesta tese e utilizado na metodologia de DFSS.

CAPÍTULO 6

Casos de aplicação: Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão

6.1. Introdução

Este capítulo descreve a aplicação em contexto empresarial de alguns dos modelos e linhas de orientação, propostos no capítulo 4, relativos à integração do Seis Sigma com outros referenciais de gestão. Os resultados destas aplicações em organizações de sectores de actividades diferentes são apresentados, analisados, discutidos e retiradas as principais conclusões. Os casos de aplicação foram desenvolvidos nas seguintes duas organizações:

- STML – Engenharia de Manutenção, Lda.
- Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ).

O primeiro caso trata da implementação de um sistema de gestão da qualidade (SGQ), baseado no referencial ISO 9001, desenhado de raiz para incorporar alguns dos princípios relevantes, boas práticas e procedimentos constantes dos modelos e linhas de orientação propostos na secção 4.3.2. Foi posteriormente efectuada uma revisão aprofundada do SGQ, acompanhada pela implementação-piloto de um programa Seis Sigma na organização, de modo a testar a integração das duas iniciativas.

No segundo dos casos testou-se, através de três aplicações distintas, a integração do Seis Sigma com as versões mais recentes dos seguintes referenciais normativos: ISO/IEC 17020, ISO/IEC 17025, ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001. A primeira aplicação ocorreu na Unidade de Negócios Gás, Águas e Saneamento, um organismo de inspecção do ISQ acreditado pela ISO/IEC 17020, e visou o desenvolvimento e operacionalização de um programa Seis Sigma em articulação com o seu sistema de qualidade, baseado nesse referencial. A segunda aplicação teve o objectivo de delinear estratégias conducentes à eventual criação de um programa Seis Sigma na Unidade de Negócios de Controlo Não Destrutivo, de modo a poder ser integrado no seu sistema de gestão, baseado nos referenciais ISO 9001 e ISO/IEC 17025. Na terceira aplicação desenvolveram-se propostas que permitam ao ISQ vir a desenvolver um programa Seis Sigma, em articulação com o seu sistema integrado de gestão da Qualidade (ISO 9001), Ambiente (ISO 14001) e Segurança e Saúde no Trabalho (OHSAS 18001), e em consonância com a norma internacional sobre Seis Sigma, a ISO 13053.

6.2. Caso de aplicação na STML – Engenharia de Manutenção, Lda.

6.2.1. A empresa

Situada em Alcabideche, concelho de Cascais, a STML – Engenharia de Manutenção, Lda. foi fundada em 1996, incidindo, na altura, a sua actividade principal na manutenção de equipamentos industriais. A maior expansão da empresa deu-se a partir de 1999, motivada, em grande medida, pela participação nas operações da mudança de gás, envolvendo os segmentos doméstico, terciário e indústria, em todo o país. Actualmente, a STML desenvolve actividades nas seguintes áreas principais:

- Elaboração de projectos de redes de utilização de gás.
- Construção e manutenção de instalações de redes de utilização de gás.
- Execução de instalações de energia solar térmica.
- Execução de instalações de aquecimento central.



Figura 6.1 – Logótipo da STML – Engenharia de Manutenção, Lda..

Da carteira de clientes da STML, constam nomes de organizações como a Marpe, Ensulmeci, CME e Gasenergia. A sua estrutura organizativa está representada na figura 6.2. É uma pequena empresa que conta nos seus quadros com 10 colaboradores, estando a maioria deles afectos às unidades de negócio inseridas no departamento técnico. As principais funções organizacionais são as seguintes:

- *Gestor da STML* – Função desempenhada pelo sócio-gerente da empresa, cabendo-lhe a responsabilidade de estabelecer a Visão, Missão, Valores e a direcção estratégica da STML.
- *Responsável da Qualidade* – Lidera o Departamento da Qualidade, representando o Gestor da STML na tarefa de empreender as actividades necessárias para assegurar que os processos necessários para o SGQ são estabelecidos, implementados e mantidos.
- *Coordenador Técnico* – Função responsável por todas as áreas operacionais e técnicas, que se encontrem contidas na esfera de competências da STML.
- *Responsáveis de Obra* – Técnicos que, cumprindo determinados pré-requisitos de experiência e de qualificação, têm a responsabilidade de conduzir, no terreno, a gestão operacional e logística em trabalhos adjudicados específicos.
- *Técnicos* – Pessoal com carteira profissional reconhecida, pertencente aos quadros da STML, ou prestador de serviços, que executa as tarefas operacionais, com base nos procedimentos aplicáveis, no âmbito da realização dos trabalhos adjudicados.
- *Gestor Comercial* – Função com a responsabilidade de divulgar os serviços prestados pela STML junto de clientes e potenciais clientes, de elaborar propostas de prestação de serviços, entre outras actividades relacionadas com *marketing*, vendas e acompanhamento de clientes.
- *Secretariado* – Presta o apoio administrativo de suporte ao funcionamento da organização, assegurando também o papel de atendimento e serviço ao cliente.

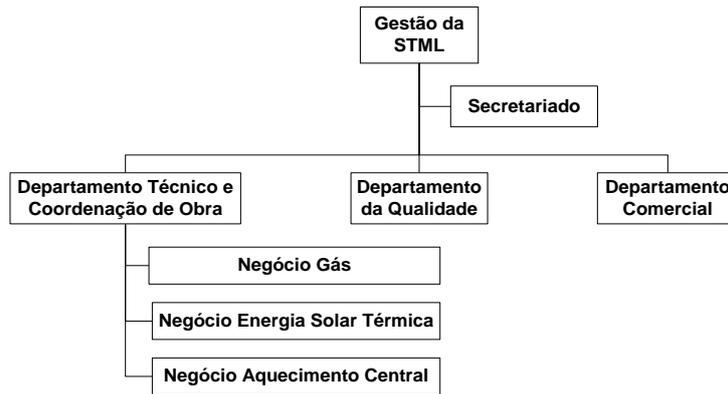


Figura 6.2 – Organograma da STML – Engenharia de Manutenção, Lda..

6.2.2. Enquadramento e objectivos do caso de aplicação

No ano de 2006 foi encetado na STML um projecto com vista a desenvolver e implementar, de raiz, um sistema de gestão da qualidade (SGQ), baseado na norma ISO 9001:2000. A certificação deste SGQ, pela TÜV Rheinland Portugal, foi concedida no ano seguinte. No âmbito desta tese, o SGQ em questão contemplava já alguns mecanismos com o propósito de estar preparado para vir a ser fácil e eficazmente integrado com um programa Seis Sigma a desenvolver e implementar posteriormente. Em 2009, foi então decidido avançar para a implementação-piloto do programa Seis Sigma na STML. Para tal, e paralelamente, procedeu-se à revisão do SGQ, de modo a que este incorporasse as propostas de integração entre o Seis Sigma e o referencial ISO 9001, que constam da presente tese. A revisão do SGQ também foi feita com o intuito de que o mesmo reflectisse convenientemente as clarificações introduzidas na versão de 2008 da norma de referência.

Os principais objectivos que nortearam a realização deste projecto foram, portanto, os seguintes:

- Desenvolver um sistema de gestão da qualidade, baseado nos requisitos da norma ISO 9001, que, ao incorporar vários dos modelos e linhas de orientação constantes da secção 4.3.2 do capítulo 4 (as linhas de orientação encontram-se pormenorizadas no apêndice V da tese), permitisse vir a ser eficaz e facilmente integrado com o programa Seis Sigma.
- Proceder ao posterior desenvolvimento e implementação-piloto do programa Seis Sigma, aproveitando a infra-estrutura proporcionada pelo SGQ existente, mas revendo esse mesmo SGQ, onde necessário, para potenciar uma integração ainda mais efectiva.
- Testar a integração do SGQ, baseado na norma ISO 9001, com o programa Seis Sigma, de modo a verificar a eficácia e aplicabilidade prática dos modelos e linhas de orientação propostos no capítulo 4.

6.2.3. Realização do caso de aplicação

A realização deste caso de aplicação envolveu três fases temporais principais:

- Desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão da qualidade na empresa.

- Implementação-piloto de um programa Seis Sigma e revisão do SGQ existente, de modo a viabilizar uma plena integração das duas iniciativas.
- Operacionalização do programa Seis Sigma, com a realização do primeiro projecto.

6.2.3.1. Desenvolvimento e implementação iniciais do SGQ baseado na norma ISO 9001

Esta fase decorreu, em 2006, com a consumação das actividades indicadas no apêndice XIV.1. Nesta primeira versão do SGQ da STML, as seguintes particularidades foram contempladas:

- Todos os processos-chave da STML foram mapeados recorrendo à utilização da técnica SIPOC, oriunda da abordagem Seis Sigma, tendo a sua incorporação sido feita nas respectivas fichas de processo. Desse modo, pretendeu-se não só familiarizar, desde logo, os colaboradores da STML com esta técnica, que poderiam vir a usar na realização de projectos Seis Sigma, como também uniformizar as práticas de mapeamento de processos na empresa, independentemente do contexto em que fosse efectuado.
- As responsabilidades das diversas funções organizacionais, na operacionalização dos processos-chave, foram definidas através da utilização de matrizes RACI (*Responsible for – Accountable for – Consulted – Informed*), uma técnica habitualmente usada no planeamento de projectos Seis Sigma.
- O processo de “planeamento, melhoria e controlo do sistema de gestão da qualidade” foi desenhado de forma a acomodar já todas as rotinas necessárias à identificação, avaliação e priorização de projectos de melhoria contínua e de inovação (C&D) e, por conseguinte, futuramente de projectos Seis Sigma DMAIC e de DFSS.
- O processo de “concepção e desenvolvimento” foi desenhado de maneira a que cada projecto de C&D seleccionado fosse planeado e realizado de acordo com o previsto na abordagem metodológica de DFSS, incluindo a adopção da execução de revisões intermédias.
- O procedimento do sistema de gestão da qualidade relativo ao planeamento e execução de “projectos de melhoria contínua”, com a referência PS-08-03, adoptou a realização de um conjunto de actividades que segue o preconizado no mapa DMAIC.
- O procedimento relativo ao desenvolvimento de “acções correctivas e acções preventivas”, com a referência PS-08-04, conducente ao tratamento de não conformidades e de potenciais não conformidades, baseou-se numa versão simplificada do mapa DMAIC.

A estrutura documental do sistema de gestão da qualidade, implementado na STML, encontra-se representada na figura 6.3. A introdução de sinergias, nomeadamente as referidas anteriormente, tendo em vista a articulação com o futuro programa Seis Sigma, foi predominantemente feita em documentos afectos aos níveis II, III e V desta estrutura.

O Manual de Processos (nível II) descreve toda a informação acerca dos processos-chave da empresa, juntamente com as interacções entre eles. Foram identificados sete processos-chave, cada um deles descrito em pormenor numa ficha de processo igual à esquematizada no apêndice XIV.2.

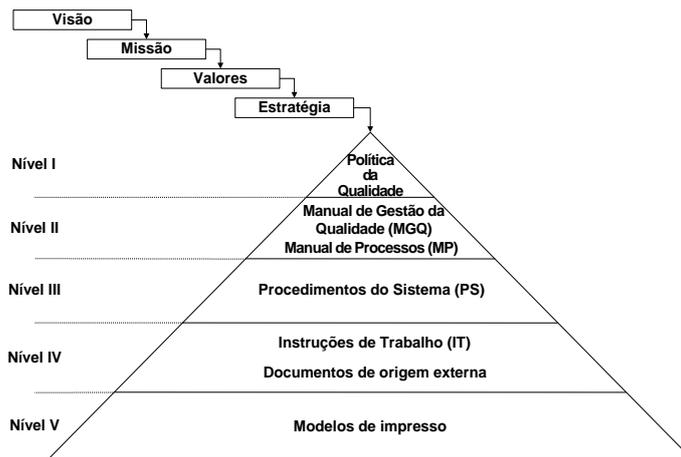


Figura 6.3 – Estrutura documental do sistema de gestão da qualidade da STML.

Nessa ficha, as primeiras cinco colunas, contidas na área relativa à descrição do processo, correspondem a um diagrama SIPOC, o que permite identificar, não apenas as entradas (*inputs*) e saídas (*outputs*) de cada actividade do processo, mas também os respectivos fornecedores (*suppliers*) e clientes (*customers*). Os processos-chave foram agrupados em torno de três categorias:

- *Processos de gestão* – De âmbito estratégico, contribuem para a definição de políticas e objectivos da organização, seu controlo e melhoria. O processo de “planeamento, melhoria e controlo do sistema de gestão da qualidade” foi enquadrado nesta categoria.
- *Processos operacionais* – Contribuem de forma directa para incorporar valor no produto ou serviço a disponibilizar ao cliente. Definiram-se quatro processos operacionais: “concepção e desenvolvimento”, “comercial”, “realização do serviço” e “facturação”.
- *Processos de suporte* – Embora não acrescentem valor directo, contribuem para que os processos operacionais funcionem eficazmente. Os processos de “compras” e de “recursos humanos e formação dos colaboradores” foram englobados nesta terceira categoria.

A descrição do âmbito dos sete processos-chave pode ser consultado no quadro do apêndice XIV.3. As interações entre os processos-chave foram identificadas e representadas numa rede de processos.

Para definir e comunicar os papéis e responsabilidades das diferentes funções organizacionais da STML, relativamente à operacionalização dos processos-chave, foi incorporada uma matriz RACI na estrutura da ficha de processo (apêndice XIV.2). Esta matriz permite que, em cada actividade de um dado processo, se saiba exactamente qual(ais) a(s):

- Função(ões) que desempenha(m) essa actividade, sendo responsável(eis) pela sua execução e implementação (*R – Responsible for*).
- Função que responde pelo sucesso e insucesso dessa actividade, mesmo que não a execute directamente; tem, por isso, a autoridade de aprovar, rejeitar e até vetar o desenrolar e/ou os resultados dessa actividade (*A – Accountable for*).
- Função(ões) a ser(em) consultada(s) até essa actividade estar concluída (*C – Consulted*).
- Função(ões) que tem(têm) de ser informada(s) das decisões e desenvolvimentos dessa actividade (*I – Informed*).

Um dos processos-chave, o processo de “planeamento, melhoria e controlo do sistema de gestão da qualidade”, referência SIPOC-G-01, que se encontra descrito de forma resumida na figura 6.4, foi desenhado de modo a que a contínua melhoria do sistema de gestão da qualidade da STML pudesse ser desencadeada por meio de quatro vias:

- 1) *Tratamento de não conformidades e de potenciais não conformidades* – Segue o exposto no procedimento sobre o desenvolvimento de “acções correctivas e preventivas”, sendo efectuado numa base contínua e sistemática, sempre que ocorra uma não conformidade e/ou potencial não conformidade.
- 2) *Planos de acção para o SGQ* – Após cada revisão pela gestão do SGQ, que ocorre com a frequência mínima de 1 ano, é sempre elaborado um plano de acção actualizado, que permanece válido pelo menos até à próxima revisão, mas que pode ser revisto entretanto; contém a definição mais recente dos objectivos da qualidade, formulados de acordo com o princípio SMART²⁷ e coerentes com a Política da Qualidade, juntamente com as acções a desenvolver e os recursos necessários para os atingir.
- 3) *Projectos de melhoria contínua* – Derivam de oportunidades de melhoria identificadas a partir da análise de dados, que têm origem nas actividades de medição e monitorização previstas no SGQ. A identificação, avaliação e selecção de projectos de melhoria decorrem conforme consta do processo de “planeamento, melhoria e controlo do SGQ”. As regras em torno do planeamento, realização e conclusão dos projectos de melhoria contínua encontram-se descritas em detalhe no procedimento intitulado “projectos de melhoria contínua”.
- 4) *Projectos de concepção e desenvolvimento* – Derivam de oportunidades de inovação identificadas a partir de informação e conhecimento resultantes das actividades de medição, monitorização e análise de dados, efectuadas no seio do SGQ, ou a partir de solicitações de novos serviços oriundas do processo “comercial” ou do processo de “realização do serviço”. A identificação, avaliação e selecção de projectos de C&D é feita durante o processo de “planeamento, melhoria e controlo do SGQ”. O processo de “concepção e desenvolvimento” guia o planeamento, realização e conclusão deste tipo de projectos.

O tratamento de não conformidades e de potenciais não conformidades, através da definição e implementação de, respectivamente, acções correctivas e de acções preventivas, são procedimentos que estão previstos poderem ocorrer de forma continuada no tempo. A figura 6.5 esquematiza a metodologia prevista no procedimento PS-08-04 para o tratamento de não conformidades. A figura 6.6, referente ao mesmo procedimento, aplica-se ao tratamento de potenciais não conformidades. Em ambos os casos, conforme se observa, o tratamento desenrola-se ao longo de um total de cinco etapas, inspiradas no mapa DMAIC. Esses são, todavia, DMAICs simplificados, uma vez que o tratamento de não conformidades e de potenciais não conformidades não acontece projecto a projecto, mas sempre que tais ocorrências sejam detectadas, exigindo um procedimento rigoroso mas célere.

²⁷ Objectivos específicos (*Specific*), mensuráveis (*Measurable*), atingíveis (*Attainable*), relevantes para a STML (*Relevant*), e definidos no tempo (*Time-bounded*).

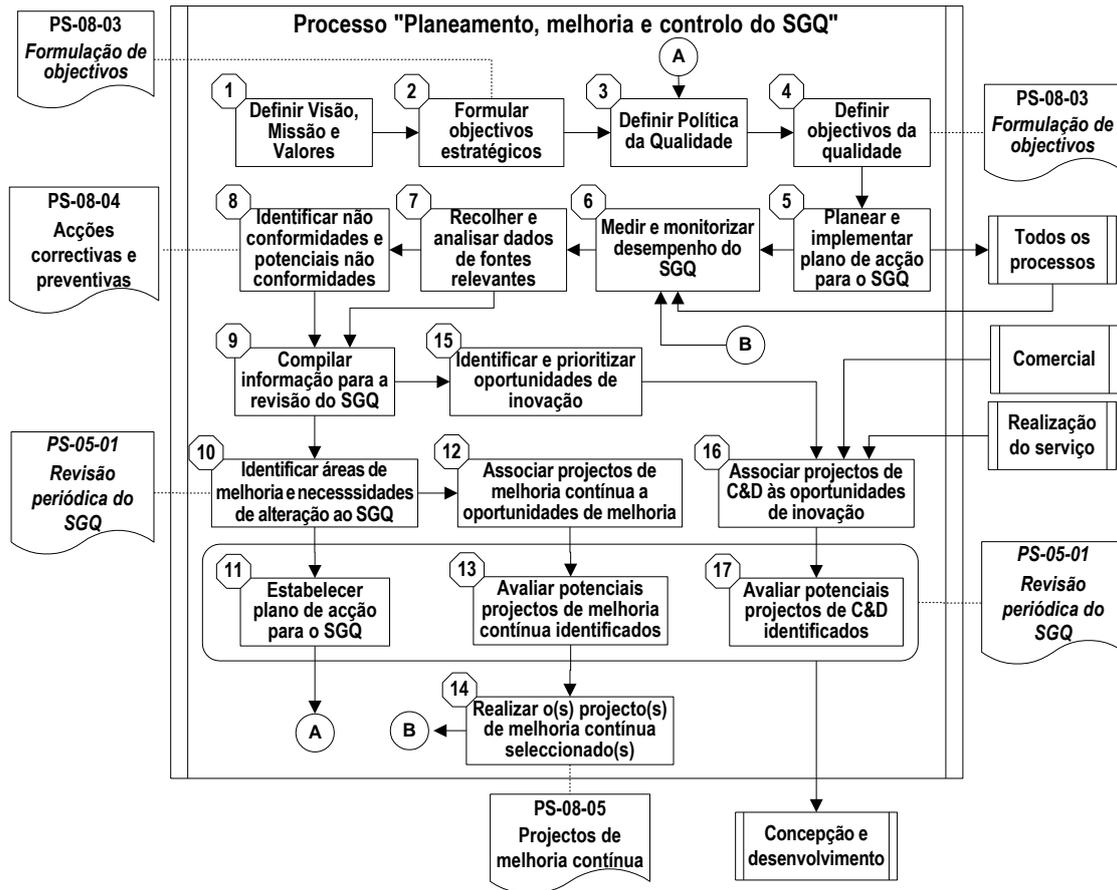


Figura 6.4 – Descrição do processo de “planeamento, melhoria e controlo do SGQ” e seus interfaces com outros processos e procedimentos dos SGQ.

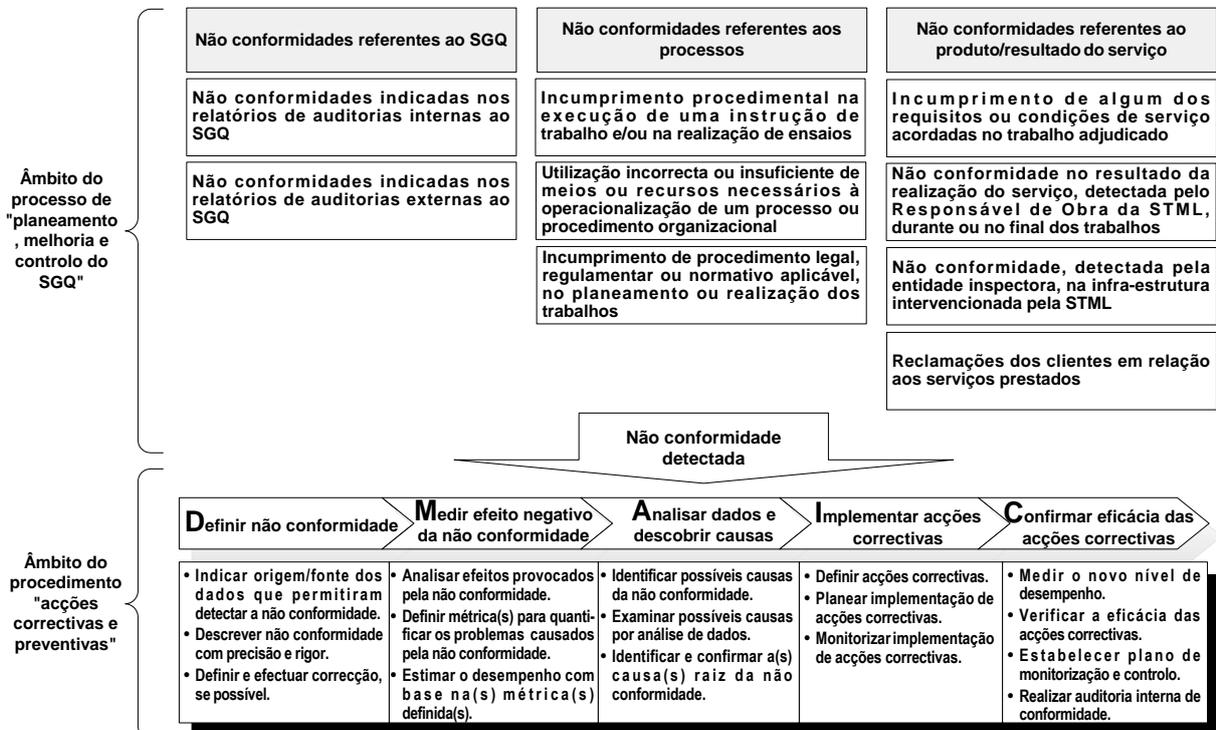


Figura 6.5 – Tratamento de não conformidades, baseado no ciclo DMAIC, de acordo com o previsto no procedimento intitulado “acções correctivas e preventivas”, referência PS-08-04.

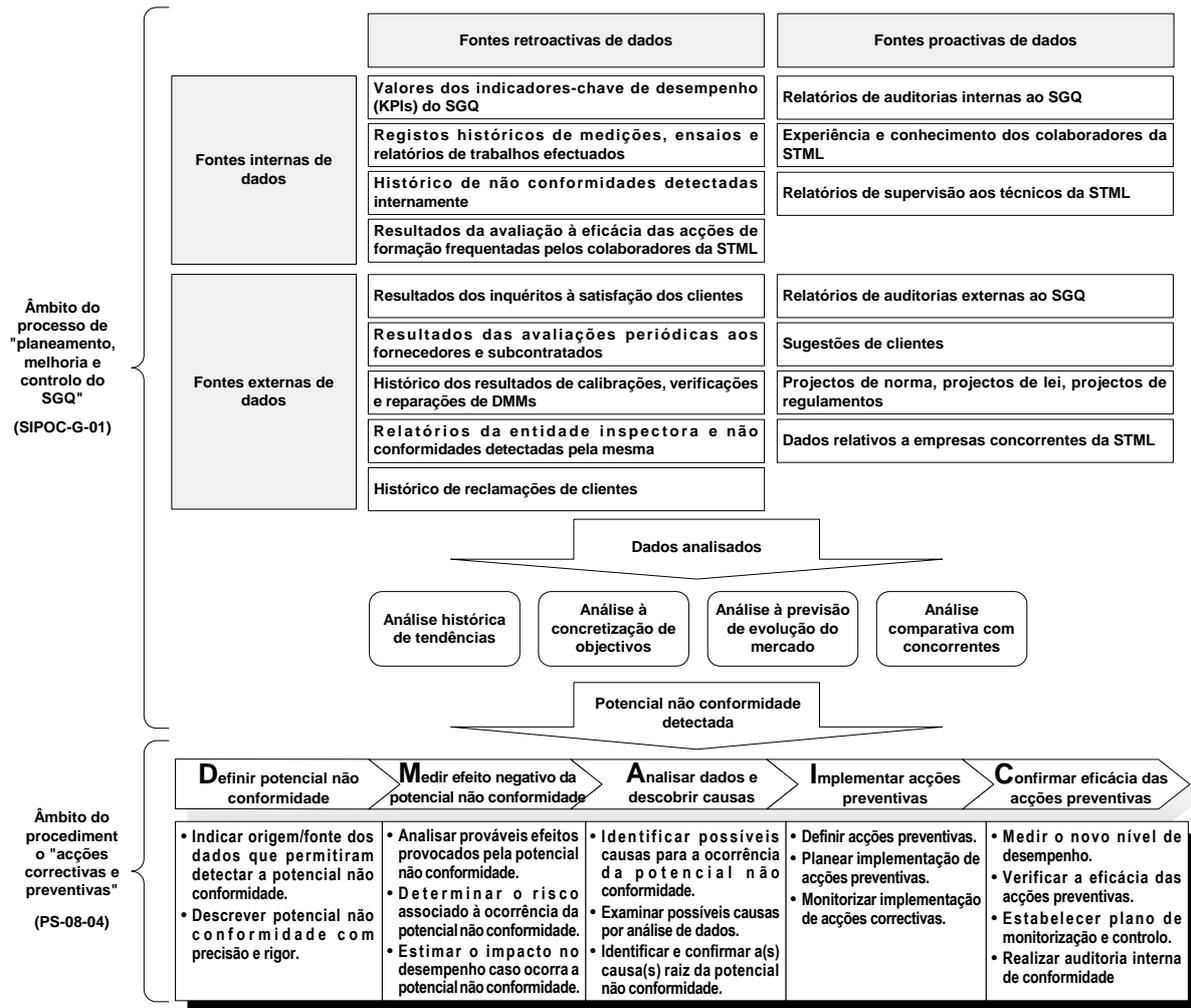


Figura 6.6 – Tratamento de potenciais não conformidades, baseado no ciclo DMAIC, de acordo com o previsto no procedimento intitulado “acções correctivas e preventivas”, referência PS-08-04.

Uma não conformidade é uma ocorrência que revela o incumprimento de um determinado requisito considerado crítico. As possíveis situações de inconformidades foram agrupadas em torno de três tipos de não conformidades:

- *Não conformidades referentes ao SGQ* – Correspondem a situações de incumprimento de um determinado requisito: contido no referencial normativo ISO 9001, constante de um procedimento do sistema (PS), ou decorrente do planeamento estabelecido para o SGQ.
- *Não conformidades referentes aos processos* – Dizem respeito a situações de incumprimento de um determinado requisito referente a: mecanismos de controlo (incluindo de medição e de monitorização) previstos nos processos, método procedimental ou operacional que deve ser seguido, ou tipo ou qualificação dos meios/recursos usados no decurso do processo, face ao exigido ou recomendado.
- *Não conformidades referentes ao resultado/produto do serviço* – Estão associadas a situações que revelem incapacidade em: atingir o resultado, especificado ou acordado, do serviço fornecido, satisfazer as necessidades e expectativas de clientes ou de outras partes interessadas, ou cumprir os requisitos legais, regulamentares e normativos aplicáveis à prestação do serviço.

Sempre que for detectada uma não conformidade, o tratamento é imediatamente efectuado através das cinco etapas previstas no procedimento sobre “acções correctivas e preventivas”, conforme descrito na figura 6.5. Os dados, cuja análise permite identificar as não conformidades, são provenientes de fontes retroactivas, que podem ter origem externa (e.g. clientes externos, entidade inspectora) ou interna (e.g. supervisão realizada pelo responsável de obra).

Por seu turno, o processo que conduz à detecção de potenciais não conformidades, exibido na figura 6.6, exige um trabalho um pouco mais elaborado, pois, ao contrário das não conformidades, a sua constatação pode não ser imediata. A identificação de potenciais não conformidades é realizada no decurso das actividades de medição, monitorização e análise de um conjunto de dados relevantes, oriundos do SGQ, que podem ser tipificados de acordo com o indicado na figura. Para que se possa obter um nível de informação e conhecimento o mais rigoroso possível, o processo prevê uma completa análise dos dados disponíveis. Após a detecção de uma potencial não conformidade, o seu tratamento segue o estipulado na sequência de cinco etapas, referidas na figura 6.6, também esta inspirada no ciclo DMAIC.

O processo de “planeamento, melhoria e controlo do SGQ” interage de forma estreita e articulada com outros dois procedimentos: “formulação de objectivos” (PS-08-03) e “revisão periódica do SGQ” (PS-05-01). A revisão periódica do SGQ pela gestão de topo assume um papel central neste processo, pois é aí que é definido/actualizado o plano de acção para o sistema de gestão, bem como, sempre que necessário, avaliados e prioritizados potenciais projectos de melhoria contínua e projectos de concepção e desenvolvimento. Tendo em vista a integração do SGQ com o programa Seis Sigma a implementar, pode concluir-se que, através deste procedimento, é possível vir a conseguir proceder à selecção de projectos Seis Sigma (projectos Seis Sigma DMAIC no âmbito da melhoria contínua; projectos de DFSS no âmbito da concepção e desenvolvimento). As principais entradas e saídas da revisão pela gestão do SGQ, previstas no procedimento PS-05-01, são as indicadas na figura 6.7.

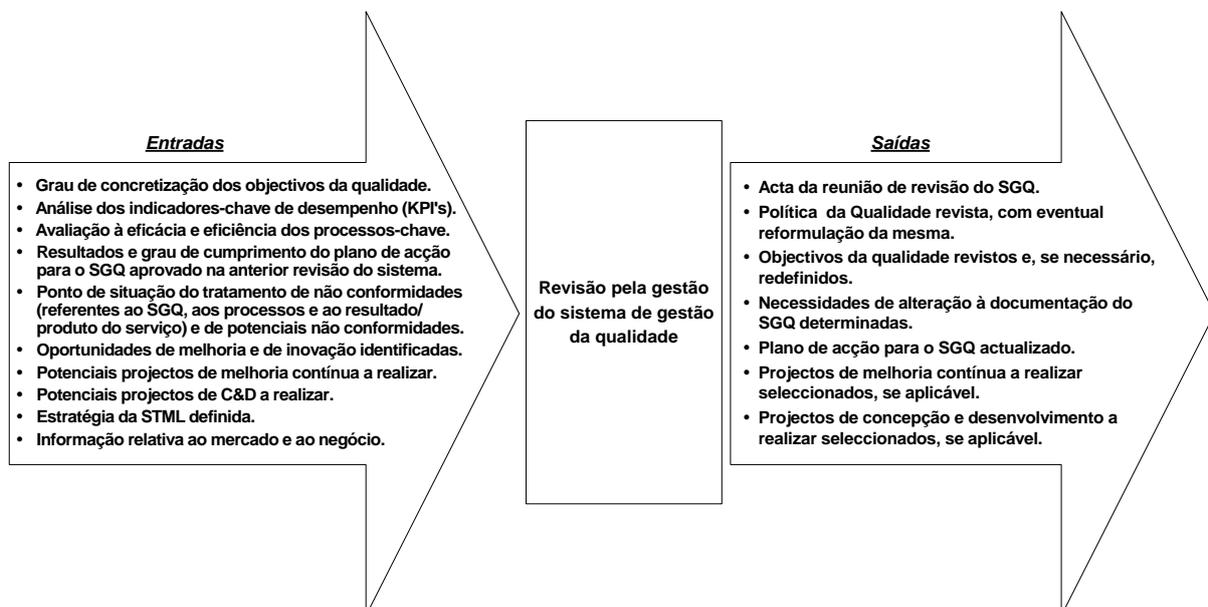


Figura 6.7 – Entradas e saídas da revisão pela gestão do SGQ da STML, de acordo com o previsto no procedimento “revisão periódica do SGQ”, referência PS-05-01.

A figura 6.8 esquematiza a articulação entre o processo de “planeamento, melhoria e controlo do SGQ” e o procedimento relativo à realização de “projectos de melhoria contínua, que corresponde à identificação, avaliação, selecção, planeamento, execução e encerramento de projectos de melhoria contínua. A figura 6.9, por seu lado, ilustra a articulação entre os processos de “planeamento, melhoria e controlo do SGQ” e de “concepção e desenvolvimento”, a qual possibilita que se identifiquem, avaliem, seleccionem, planeiem, executem e encerrem projectos de C&D. Em conjunto, as metodologias descritas nas figuras 6.8 e 6.9, que se assemelham bastante, constituem a antecâmara para a STML poder vir a gerir, de forma eficaz e sistemática, todas as fases do ciclo de vida dos seus projectos Seis Sigma, sejam estes do tipo DMAIC ou assentes numa prática de DFSS.

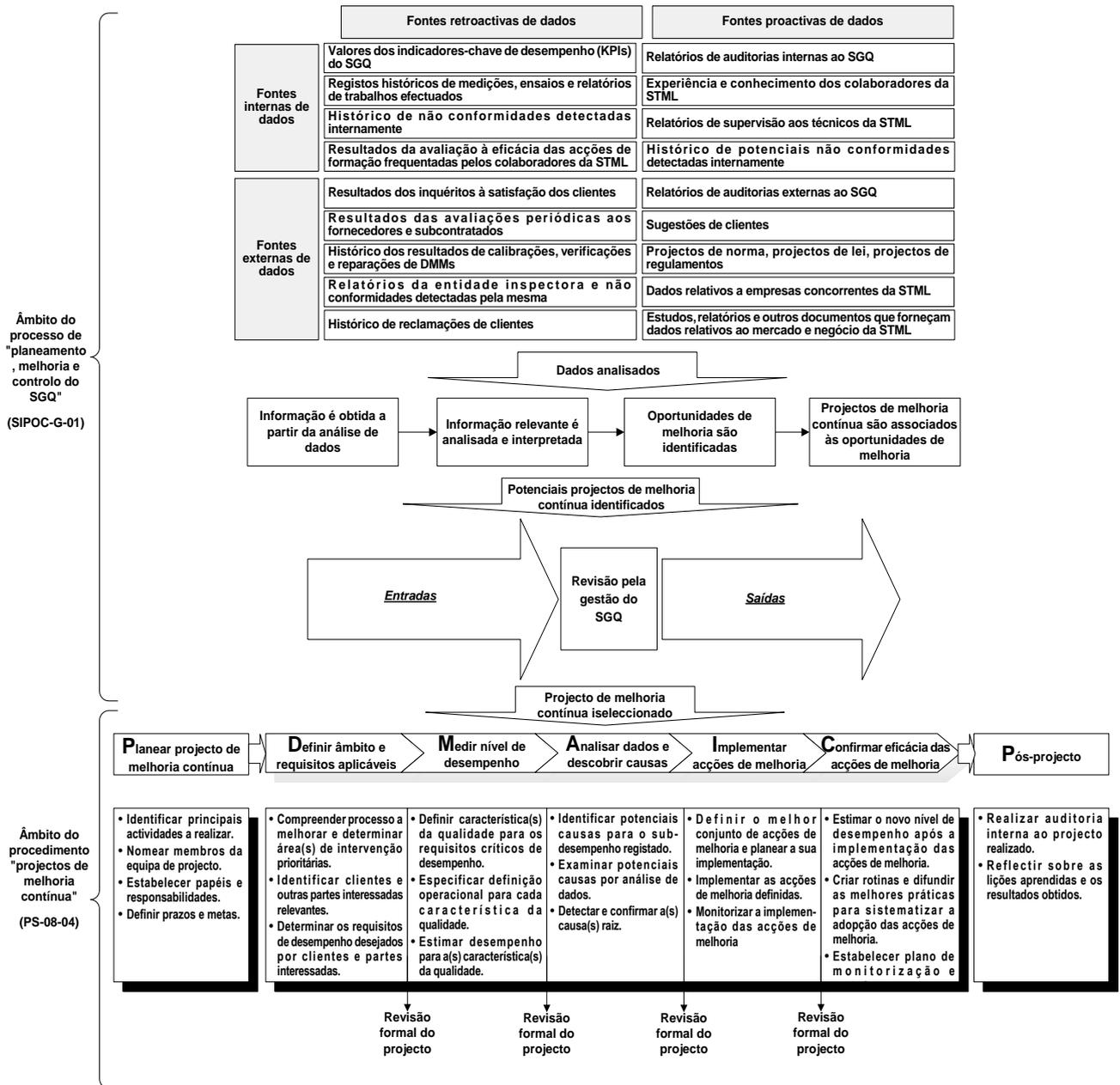


Figura 6.8 – Procedimento da STML para o planeamento, realização e conclusão de projectos de melhoria contínua, baseado no mapa DMAIC.

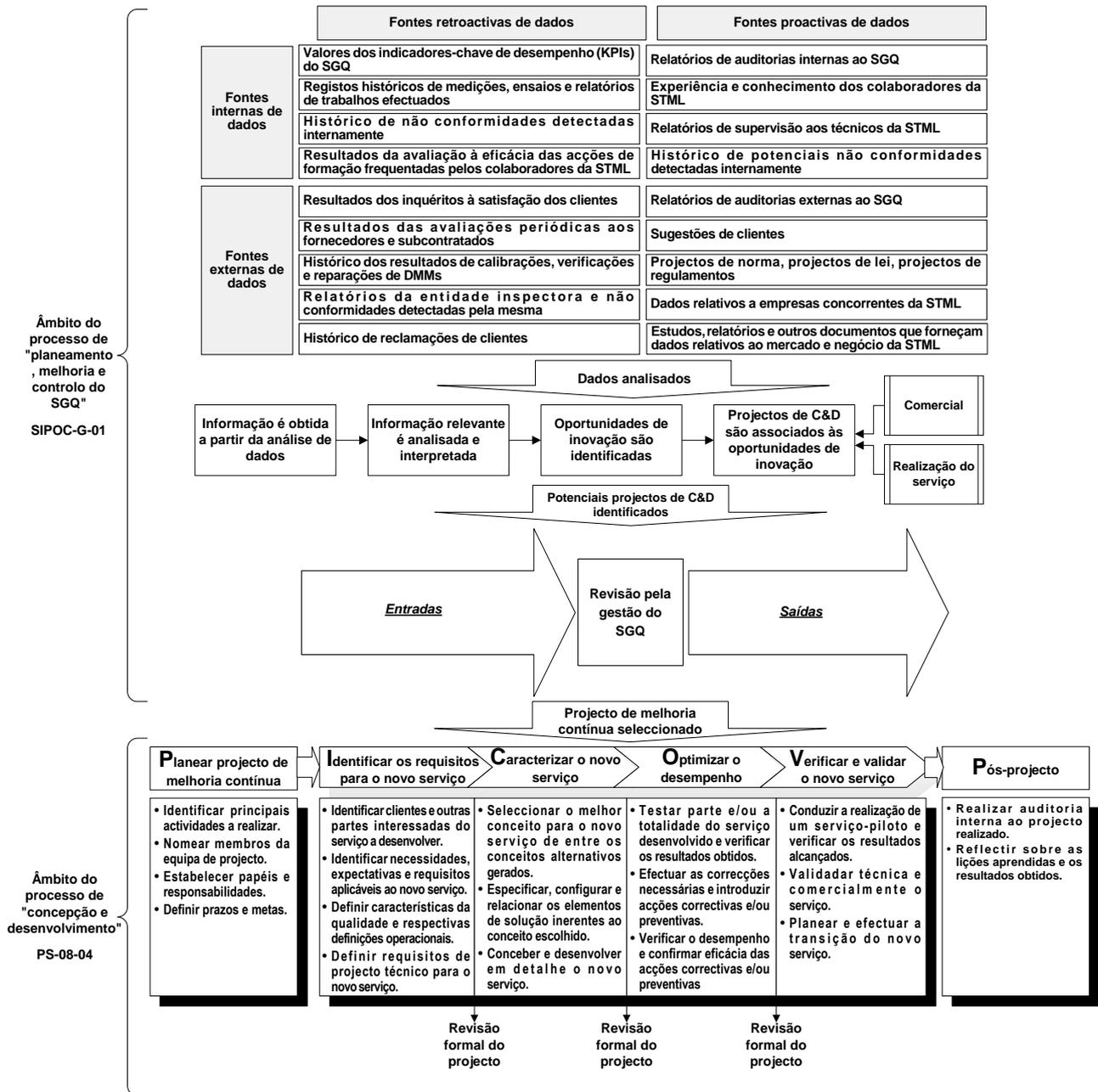


Figura 6.9 – Processo de concepção e desenvolvimento da STML, baseado no mapa ICOV da abordagem metodológica de DFSS.

O procedimento intitulado “projectos de melhoria contínua”, referência PS-08-05, descreve a metodologia a seguir para proceder ao planeamento e realização de cada um desses projectos. De modo a assegurar a incorporação das boas práticas de gestão de projectos, e à semelhança do que sucede com os projectos Seis Sigma, foi explicitada uma fase de planeamento e foram previstas reuniões intermédias formais, sempre que ocorra uma transição de fase do projecto. Cada projecto de melhoria contínua, conforme indica a figura 6.8, é conduzido ao longo de um conjunto de actividades, distribuídas por cinco fases. O título atribuído a cada uma delas permitiu convencionar o acrónimo DMAIC para designar a metodologia descrita. Deste modo, a lógica patente no ciclo DMAIC (e, por

inerência, no ciclo PDCA), já prevista no regular tratamento de não conformidades e potenciais não conformidades, é adoptada para proceder à execução de projectos de melhoria contínua.

As actividades que compõem o processo de “concepção e desenvolvimento” foram enquadradas no mapa ICOV, utilizado frequentemente para conduzir projectos de DFSS. Tal como se viu no capítulo 3, o mapa ICOV é geralmente equivalente ao mapa IDOV. O processo referido também contempla uma fase para o planeamento de cada projecto de C&D, bem como a realização de revisões intermédias em cada transição de fase da condução de um projecto. Este processo de C&D, contemplado no SGQ da STML, teve por base as sinergias de integração das subcláusulas contidas na cláusula 7.3, da norma ISO 9001, com o mapa IDOV usado no DFSS, conforme se representa na figura 4.4 desse capítulo.

Esta subsecção descreveu as principais sinergias, que foram contempladas no SGQ da empresa, tendo em vista uma futura integração com o programa Seis Sigma a implementar. A auditoria de concessão da certificação do sistema de gestão da qualidade da STML foi realizada com êxito. O âmbito da certificação concedida abrangeu as actividades de prestação de serviços de elaboração de projectos de gás e construção de infra-estruturas de instalações de gás, bem como de soluções para a construção de instalações de energia solar térmica e de instalações de aquecimento central.

6.2.3.2. Desenvolvimento e implementação-piloto do programa Seis Sigma, em integração com o SGQ baseado na norma ISO 9001

Conforme se discutiu na subsecção anterior, o SGQ implementado de raiz na STML contemplou um conjunto fundamental de mecanismos que procurou assegurar a sua fácil e eficaz integração com o programa Seis Sigma, a desenvolver e implementar posteriormente. Em 2009, foi decidido avançar com a implementação-piloto desse programa. Para tal, e paralelamente, procedeu-se a uma revisão e actualização do SGQ, de modo a incorporar outras das propostas de integração entre o Seis Sigma e o referencial ISO 9001, que constam do capítulo 4.

Um objectivo transmitido pela gestão de topo da STML, relativamente à implementação do programa Seis Sigma, foi que se assegurasse que este não seria visto como outra iniciativa da qualidade, mas que, ao invés disso, fosse percebido como um elemento inerente ao próprio sistema de gestão da organização. Outro objectivo foi que a coexistência entre o SGQ, baseado nos requisitos da norma ISO 9001, e o programa Seis Sigma não colocasse em causa a certificação obtida. Estes desafios reforçaram a importância de abordar o programa Seis Sigma enquanto sistema de gestão.

A interligação entre as duas abordagens foi pautada pelas linhas de orientação, organizadas de acordo com a estrutura do ISO Guide 72, indicadas na subsecção 4.3.2 do capítulo 4 e descritas em detalhe no apêndice V. A abordagem de integração adoptada na STML pode assim ser representado através do modelo da figura 6.10.

Ao longo do remanescente desta subsecção e seguindo a estrutura do ISO Guide 72, descrevem-se as acções empreendidas e as decisões tomadas que conduziram à implementação experimental do programa Seis Sigma na STML, em articulação com o seu SGQ, também este revisto para o efeito.



Figura 6.10 – Modelo de integração entre a norma ISO 9001 e o Seis Sigma, adoptado na STML.

ISO Guide 72: assunto principal “Política”

A Política da Qualidade (cláusula 5.3 da ISO 9001) da STML é o principal documento do SGQ a nível de divulgação para o exterior. Em 2009, estando em marcha uma revisão mais aprofundada do SGQ, avançando-se, simultaneamente, com a implementação-piloto de um programa Seis Sigma, foi proposta uma reformulação da Política da Qualidade (figura 6.11), para que esta também reflectisse:

- O comprometimento da gestão de topo para com o programa Seis Sigma e para com a sua integração com o sistema de gestão da qualidade.
- A utilização do programa Seis Sigma, nomeadamente através do desenvolvimento de projectos criteriosamente seleccionados, em prol da melhoria contínua do SGQ.
- A necessidade de avaliar e seleccionar os projectos Seis Sigma com base no mérito de cada potencial projecto em contribuir para: (1) aumentar a qualidade percebida pelo cliente, a nível dos serviços prestados; (2) a concretização dos objectivos do negócio.

POLÍTICA DA QUALIDADE

A STML – Engenharia de Manutenção, Lda. fornece soluções profissionais a nível do projecto, construção e manutenção de instalações de gás, energia solar térmica e aquecimento central.

Assumimos um firme comprometimento na contínua melhoria e inovação dos serviços prestados e dos processos organizacionais, procurando assim encantar todos os nossos Clientes e conquistar um permanente reconhecimento do mercado relativamente à qualidade e competência da nossa organização. Para esse fim, contamos com os mais qualificados, treinados e motivados colaboradores, fazemos uso dos mais rigorosos métodos de trabalho e encetamos as iniciativas, incluindo a realização de projectos Seis Sigma, que maximizem o valor proporcionado aos nossos Clientes e que concorram para o sucesso sustentável do negócio.

Comprometemo-nos também a providenciar os recursos e a infraestrutura necessários a garantir a permanente adequação do Sistema de Gestão da Qualidade, assegurando o cumprimento dos requisitos do referencial NP EN ISO 9001:2008, do Programa Seis Sigma e da articulação entre ambos, bem como a empreender, através de revisões pela gestão contínuas e planeadas, acções que conduzam a um crescente aumento da sua eficácia.

Cascais, 14 de Outubro de 2009

(Gestor da STML)

Figura 6.11 – Proposta de Política da Qualidade da STML para ser adoptada no contexto de uma integração entre o SGQ, baseado na norma ISO 9001, e o programa Seis Sigma.

Para além da Política da Qualidade, a demonstração do comprometimento da gestão de topo da STML com o programa Seis Sigma ficou também patente através da:

- Condução da revisão do SGQ, evento onde ocorre a selecção de projectos Seis Sigma, a partir da avaliação de um leque de potenciais projectos identificados.

- Tomada de decisão de constituir uma estrutura humana, adequada à dimensão da empresa, para o programa Seis Sigma.
- Contemplação, no plano anual de formação da STML, de acções de formação em torno da temática do Seis Sigma dirigidas aos cargos de responsabilidade da empresa.
- Decisão relativa à aquisição de *software* estatístico para se proceder à análise, tratamento e interpretação de dados durante a realização de projectos Seis Sigma.

ISO Guide 72: assunto principal “Planeamento”

A estrutura humana da STML, de suporte ao programa Seis Sigma, foi definida de maneira a estar alinhada com a orgânica da empresa, conforme se representa na figura 6.12. Os papéis e responsabilidades inerentes às funções dessa estrutura encontram-se também indicados nesta figura.

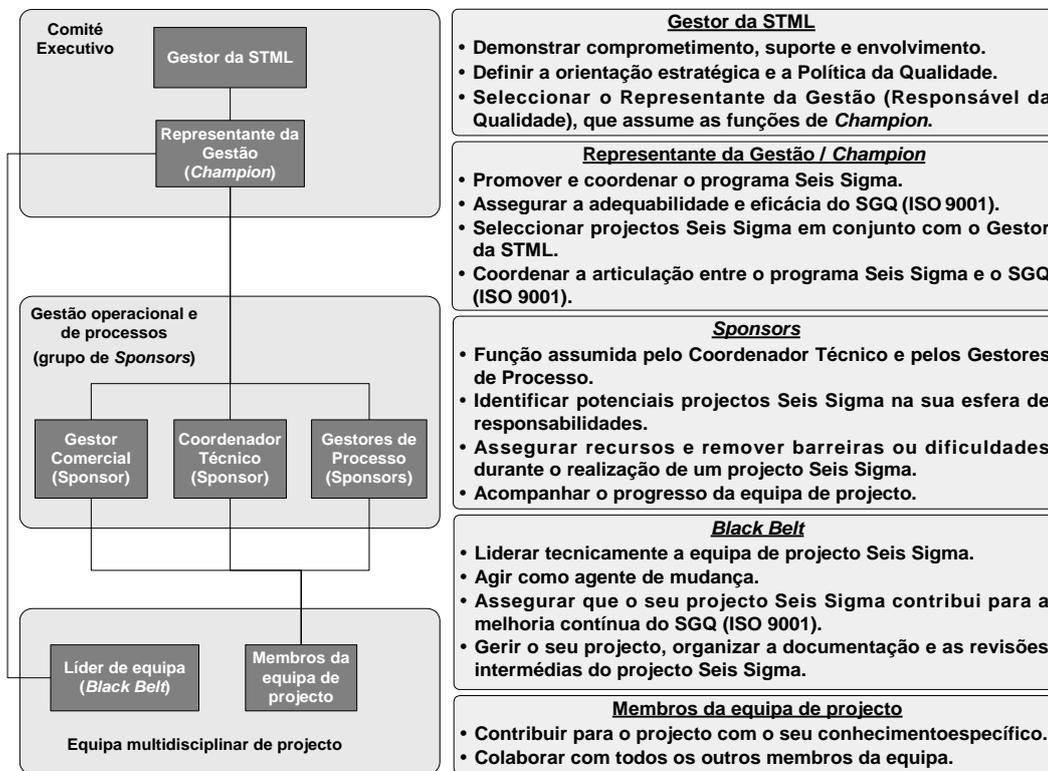


Figura 6.12 – Estrutura humana definida para o programa Seis Sigma da STML.

O Responsável da Qualidade foi designado como *Champion*, função que tem responsabilidade e autoridade para coordenar o programa Seis Sigma. O título de *Sponsor*, cujo principal papel reside na identificação e proposta de potenciais projectos Seis Sigma, na sua esfera de responsabilidades, foi atribuído aos seguintes cargos: Coordenador Técnico, Gestor Comercial e Gestores de Processo. Em particular, compete ao Coordenador Técnico, a partir das oportunidades de inovação detectadas, identificar e sugerir potenciais projectos de C&D (projectos Seis Sigma de inovação, ou de DFSS) a realizar. A função de *Black Belt* foi atribuída, neste primeiro momento, a um profissional externo, a quem coube a missão de liderar a realização do primeiro projecto Seis Sigma e de mentorar um candidato a *Green Belt* da STML, na altura estagiário no Departamento de Qualidade da empresa.

A utilização do conceito de “característica crítica para a qualidade” (CTQC), nomeadamente de árvores de CTQCs, foi bastante útil na definição e organização dos requisitos críticos aplicáveis a cada serviço prestado pela empresa. A STML desenvolveu as seguintes instruções de trabalho, usadas durante o processo de “realização do serviço” (referência SIPOC-O-03):

- “Elaboração de projectos de instalação de utilização de gás”, com a referência IT-07.5-01.
- “Mudança de gás”, com a referência IT-07.5-02.
- “Execução de instalações de gás”, com a referência IT-07.5-03.
- “Execução de instalações de aquecimento central”, com a referência IT-07.5-04.
- “Execução de instalações de energia solar térmica”, com a referência IT-07.5-05.

Cada instrução de trabalho descreve os procedimentos de trabalho, critérios e requisitos críticos a cumprir no planeamento, realização e conclusão de um dado tipo de serviço. A figura 6.13 ilustra o modo como os requisitos críticos, a cumprir na execução de instalações de gás, foram estruturados, através de uma árvore de CTQCs, na respectiva instrução de trabalho. A organização dos requisitos críticos nesta e nas outras instruções de trabalho, por meio de árvores de CTQCs, permitiu ao Departamento Técnico da STML melhorar e sistematizar as actividades de planeamento e execução de cada trabalho adjudicado. Possibilitou também estabelecer, *à priori*, o número de oportunidades para defeito, abrindo a porta para que se possa determinar mais facilmente, caso se pretenda, o Nível Sigma e o número de *DPMO*, relativos a cada tipo de serviço prestado pela STML.

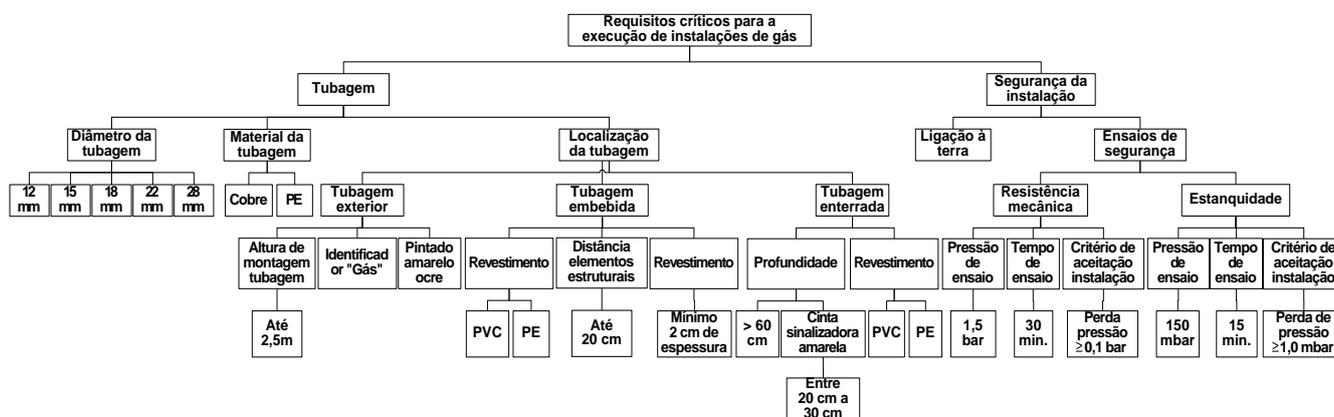


Figura 6.13 – Árvore de CTQCs, correspondentes aos requisitos críticos associados à prestação do serviço de execução de instalações de gás, conforme a instrução de trabalho IT-07.5-03.

A subsecção anterior mostrou que os objectivos estratégicos e da qualidade são revistos periodicamente e, se necessário, reformulados. A figura 6.14 esquematiza o procedimento sobre “formulação de objectivos”, referência PS-08-03. Para além dos objectivos estratégicos, este procedimento descreve o modo como devem ser formulados os objectivos da qualidade, os quais foram agrupados em torno de três tipos: (1) objectivos do SGQ; (2) objectivos dos processos; (3) objectivos para os serviços prestados. Todos os objectivos da qualidade, segundo o procedimento, devem ser formulados de acordo com o princípio SMART e estar alinhados com a Política da Qualidade. Para cada objectivo da qualidade é definido e associado um determinado indicador-chave de desempenho (KPI – *Key Performance Indicator*), o qual permitirá medir e monitorizar o grau de concretização desse objectivo.

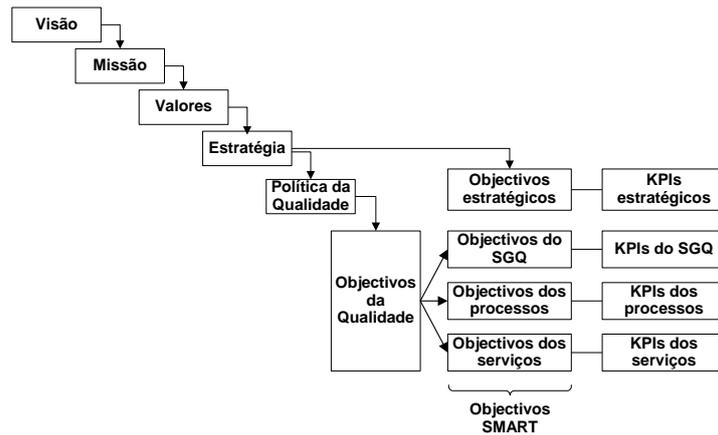


Figura 6.14 – Definição de objectivos da qualidade na STML, de acordo com o procedimento intitulado "formulação de objectivos", com a referência PS-08-03.

O procedimento mencionado foi revisto com o intuito de tirar partido de algumas das actividades previstas decorrerem no seio do programa Seis Sigma, nomeadamente aquelas que respeitam à determinação das características críticas para a qualidade (CTQCs). As CTQCs são determinadas a partir do conhecimento das necessidades fundamentais dos clientes e dos requisitos legais, regulamentares e normativos aplicados à actividade da STML. A nova versão do procedimento incentiva a que a partir das CTQCs, apuradas na sequência da realização de projectos Seis Sigma e do tratamento de não conformidades e de potenciais não conformidades, se possam definir ou redefinir os KPIs e então, por esta via, se assegure que os objectivos da qualidade cumprem efectivamente o princípio SMART. A figura 6.15 ilustra em maior detalhe este raciocínio.

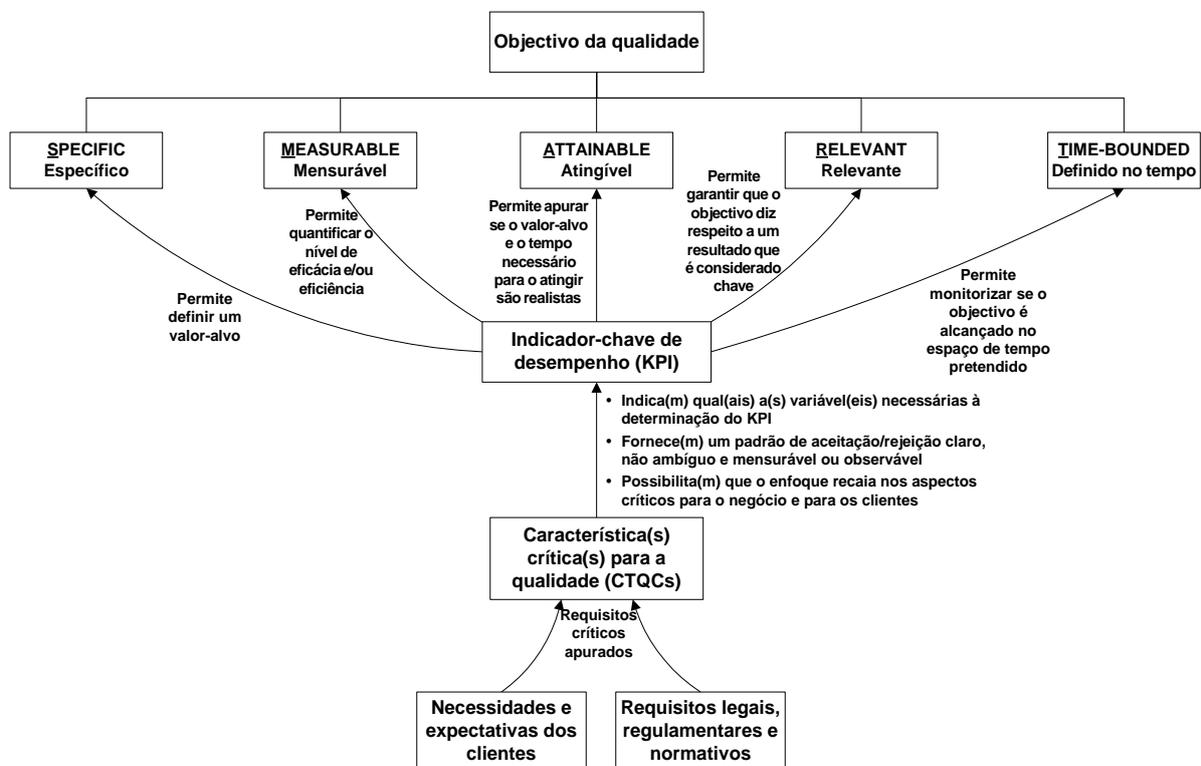


Figura 6.15 – Relação entre CTQCs, KPIs e objectivos da qualidade SMART, de acordo com o procedimento sobre "formulação de objectivos", referência PS-08-03.

A introdução destes mecanismos no procedimento atendeu também à necessidade de garantir a coerência entre os objectivos da qualidade e os objectivos e metas a definir para os projectos Seis Sigma a serem executados.

ISO Guide 72: assunto principal “Implementação e operação”

A revisão do sistema documental do SGQ, no seu global, foi norteado por dois grandes objectivos:

- Assegurar um adequado interface com as actividades decorrentes do programa Seis Sigma.
- Incorporar as clarificações incluídas na versão de 2008 da norma ISO 9001.

Para não aumentar a complexidade do SGQ, não foram adicionados quaisquer documentos ou registos aos já anteriormente definidos. A razão de tal ter sido conseguido deve-se, em grande medida, ao facto de o SGQ, implementado em 2006, ter já sido desenhado a pensar na interacção com o programa Seis Sigma. Nos diferentes níveis da estrutura documental existem documentos ou registos que são transversais ao SGQ e ao programa Seis Sigma, promovendo uma mais eficaz integração. A figura 6.16 relaciona documentos, posicionados nos níveis II (processos-chave do sistema de gestão) e III (procedimentos do sistema de gestão) da hierarquia documental, com as cláusulas do referencial ISO 9001 e o papel que os mesmos desempenham no âmbito do programa Seis Sigma.

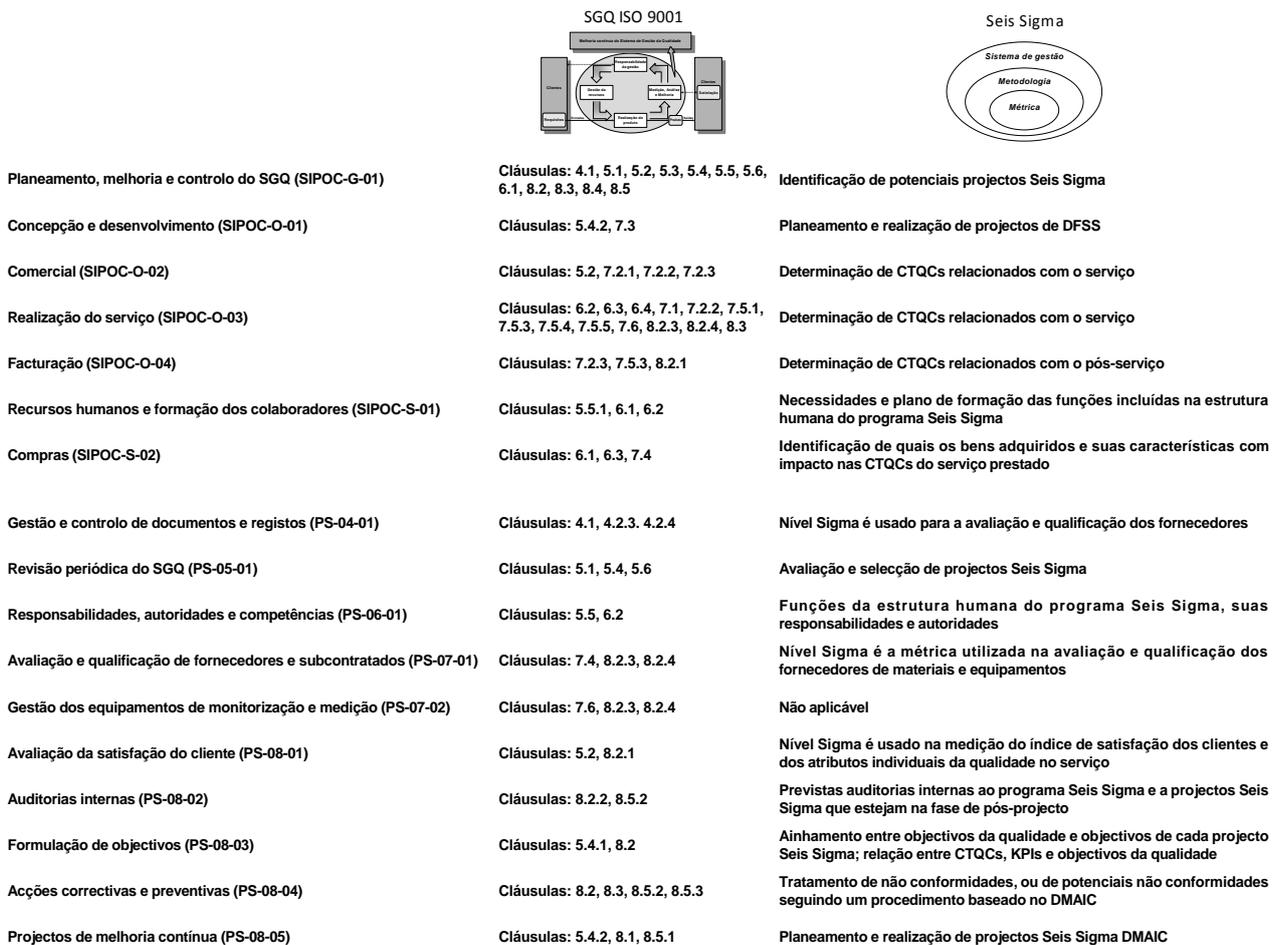


Figura 6.16 – Relação entre os processos e procedimentos do SGQ, as cláusulas/subcláusulas da norma ISO 9001 e as práticas previstas para terem lugar no programa Seis Sigma.

6. Casos de aplicação: Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão

A figura 6.17 fornece uma informação idêntica à da figura anterior, mas para o caso dos registos ou modelos de impressos posicionados no nível V da hierarquia ou estrutura documental. Conforme se constata em ambas as figuras, os conteúdos desses documentos e dos registos, incluindo as regras relativas ao controlo dos mesmos, materializam, na prática, a articulação pretendida entre o programa Seis Sigma e o SGQ alicerçado nos requisitos da norma ISO 9001.

	SGQ ISO 9001	Seis Sigma
Registo de consulta (STML-001)	Cláusulas: 5.2, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3	Identificação das CTQCs aplicáveis ao serviço requerido
Ficha comercial (STML-002)	Cláusulas: 5.2, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3	Não aplicável
Registo de adjudicação (STML-003)	Cláusulas: 5.2, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3	Não aplicável
Plano de trabalho adjudicado (STML-004)	Cláusulas: 5.2, 7.2.1, 7.2.3, 7.5.1	Definição dos meios, recursos e acções necessários ao cumprimento das CTQCs aplicáveis
Modelo de elaboração de propostas (STML-005)	Cláusulas: 5.2, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3	Determinação das CTQCs relacionadas com o pós-serviço
Relatório de serviço (STML-006)	Cláusulas: 7.2.3, 7.5.1, 7.5.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6	Recolha de dados que permitirá determinar o Nível Sigma relativo ao desempenho de cada tipo de serviço prestado
Questionário de satisfação e sugestões do cliente (STML-007)	Cláusulas: 5.2, 7.2.1, 7.2.3, 8.2.1	Recolha dos dados que permitirá medir o índice de satisfação dos clientes com base no Nível Sigma
Plano de auditoria interna (STML-008)	Cláusulas: 8.2.2	Plano de auditoria ao programa Seis Sigma ou de auditoria a um projecto Seis Sigma em fase de pós-projecto
Registo de participação em auditoria interna (STML-009)	Cláusulas: 8.2.2	Registo de participação em auditoria ao programa Seis Sigma ou em auditoria a projecto Seis Sigma em fase de pós-projecto
Relatório de auditoria interna (STML-010)	Cláusulas: 8.2.2	Relatório de auditoria ao programa Seis Sigma ou de auditoria a projecto Seis Sigma em fase de pós-projecto
Lista de verificação de auditoria interna (STML-011)	Cláusulas: 8.2.2	Lista de verificação com os requisitos aplicáveis ao âmbito de uma auditoria ao SGQ e ao programa Seis Sigma
Ficha de descrição de oportunidade de melhoria (STML-012)	Cláusulas: 8.1, 8.5.1	Informação que pode conduzir à identificação de potencial(ais) projecto(s) Seis Sigma DMAIC
Lista resumo das oportunidades de melhoria (STML-013)	Cláusulas: 8.1, 8.5.1	Síntese da informação que, uma vez analisada, pode conduzir à identificação de potencial(ais) projecto(s) Seis Sigma DMAIC
Registo de tratamento de não conformidades e potenciais não conformidades (STML-014)	Cláusulas: 8.5.2, 8.5.3	Registo do tratamento de não conformidades, ou de potenciais não conformidades, efectuado com base no ciclo DMAIC
Plano de calibração de EMM (STML-015)	Cláusulas: 7.6	Não aplicável
Ficha de EMM (STML-016)	Cláusulas: 7.6	Não aplicável
Lista de fornecedores e subcontratados qualificados (STML-017)	Cláusulas: 7.4	Não aplicável
Ficha de avaliação de fornecedores (STML-018)	Cláusulas: 7.4	Recolha de dados que permitirá efectuar a avaliação e qualificação de fornecedores de materiais e equipamentos através do Nível Sigma
Ficha de avaliação de subcontratados (STML-019)	Cláusulas: 7.4	Não aplicável
Levantamento de necessidades de formação (STML-020)	Cláusulas: 6.2.1, 6.2.2	Identificação de necessidades de formação dos colaboradores envolvidos no programa Seis Sigma
Plano de formação (STML-021)	Cláusulas: 6.2.1, 6.2.2	Indicação das acções de formação que os colaboradores envolvidos no programa Seis Sigma irão frequentar
Registo de formação interna (STML-022)	Cláusulas: 6.2.1, 6.2.2	Registo das assinaturas dos colaboradores presentes em sessão de formação interna, em torno de temática(s) relacionada(s) com o Seis Sigma
Plano para a revisão do sistema de gestão da qualidade (STML-023)	Cláusulas: 8.1, 8.5.1	Descrição dos potenciais projectos Seis Sigma identificados, quer de melhoria contínua (Seis Sigma DMAIC) quer de inovação (DFSS)
Relatório de revisão do sistema de gestão da qualidade (STML-024)	Cláusulas: 5.1, 5.4, 5.6	Decisão sobre o(s) projecto(s) Seis Sigma seleccionado(s), se aplicável
Folha de isométrica (STML-025)	Cláusulas: 7.1, 7.5.1	Não aplicável
Auto de recepção de projectos de gás (STML-026)	Cláusulas: 7.1, 7.5.1	Não aplicável
Lista de projectos de C&D aprovados (STML-027)	Cláusulas: 7.3	Listagem com o(s) projecto(s) Seis Sigma de inovação (DFSS) seleccionado(s) na revisão do SGQ pela gestão
Lista de projectos de melhoria contínua aprovados (STML-028)	Cláusulas: 8.1, 8.5.1	Listagem com o(s) projecto(s) Seis Sigma de melhoria contínua, (Seis Sigma DMAIC) seleccionado(s) na revisão do SGQ pela gestão
Ficha de descrição de oportunidade de inovação (STML-029)	Cláusulas: 8.1, 7.3	Informação que pode conduzir à identificação de potencial(ais) projecto(s) de DFSS
Lista resumo das oportunidades de inovação (STML-030)	Cláusulas: 8.1, 7.3	Síntese da informação que, uma vez analisada, pode conduzir à identificação de potencial(ais) projecto(s) de DFSS
Declaração de projecto (STML-031)	Cláusulas: 7.3.1, 8.1	Declaração de projecto, aplicável ao planeamento de um projecto Seis Sigma
Folha de revisão de projecto (STML-032)	Cláusulas: 7.3.4, 8.1	Registo das decisões tomadas nas revisões intermédias formais de um projecto Seis Sigma
Folha de planeamento de projecto (STML-033)	Cláusulas: 7.3.4, 8.1	Planeamento de um projecto Seis Sigma, contendo cronograma e matriz RACI
Programa de auditorias internas (STML-034)	Cláusulas: 8.2.2	Programação de auditorias internas, incluindo auditorias ao programa Seis Sigma

Figura 6.17 – Relação entre os registos (modelos de impresso) do SGQ, as cláusulas/subcláusulas da norma ISO 9001 e as práticas previstas para terem lugar no programa Seis Sigma.

Na versão inicial do SGQ, implementado na STML, havia já sido prevista a definição de um processo de “concepção e desenvolvimento”, referência SIPOC-O-01, que, tal como foi descrito na subsecção anterior, adoptou o mapa ICOV e algumas das melhores práticas (e.g. revisões intermédias formais, planeamento do projecto) inerentes à abordagem de DFSS. Na revisão efectuada em 2009, o conteúdo do processo referido não sofreu alterações, tendo apenas sido explicitado que cada projecto de C&D correspondia a um projecto Seis Sigma de inovação ou de DFSS.

O Manual de Gestão da Qualidade foi revisto, passando a incluir uma secção onde é feita uma breve descrição do programa Seis Sigma da STML e da forma como este interage com o SGQ baseado nos requisitos da norma ISO 9001.

Anualmente, de acordo com o processo “recursos humanos e formação dos colaboradores”, a STML efectua o levantamento das necessidades de formação dos seus colaboradores, a partir das quais é elaborado um plano de formação. Decidiu-se usar este processo para se proceder, de forma periódica e sistemática, à identificação e satisfação das necessidades formativas das pessoas envolvidas no programa Seis Sigma da STML, para que todas as competências recomendadas, para as diferentes funções da estrutura humana do programa, pudessem vir a ser preenchidas numa base contínua.

O procedimento PS-07-01 define as regras para a “avaliação e qualificação de fornecedores e subcontratados” da STML. Essa avaliação e qualificação só são realizadas para fornecedores cujos bens sejam relevantes para a qualidade dos serviços prestados pela STML e para entidades subcontratadas, individuais ou colectivas, cujos serviços prestados estejam relacionados com a execução de actividades complementares ou inerentes às prestadas pela STML aos seus clientes. Na revisão efectuada a este procedimento, em 2009, e como medida para tirar partido das sinergias com o programa Seis Sigma, foi definida uma metodologia de avaliação dos fornecedores de materiais (e.g. tubos de cobre e polietileno, etc.) e de equipamentos (e.g. electroválvulas, redutores, painéis fotovoltaicos, etc.) com base no valor apurado do Nível Sigma, uma medida da capacidade de determinado fornecedor conseguir cumprir satisfatoriamente os critérios de avaliação de cada encomenda (cada critério de avaliação equivale a uma CTQC). Transcreve-se, na figura 6.18, a metodologia incorporada na nova versão do procedimento indicado, cuja simplicidade e objectividade foram elementos tidos em conta para a sua exequibilidade.

ISO Guide 72: assunto principal “Avaliação de desempenho”

As actividades de monitorização e medição do desempenho do SGQ, dos processos organizacionais e dos serviços prestados pela STML fornecem a maioria dos dados conducentes à detecção de não conformidades, potenciais não conformidades, oportunidades de melhoria e oportunidades de inovação, conforme previsto no processo de “planeamento, melhoria e controlo do SGQ” (referência SIPOC-G-01). As diferentes fontes de dados que, uma vez analisadas, permitem que essa detecção ocorra foram identificadas na subsecção anterior, nomeadamente nas figuras 6.5 (detecção de não conformidades), 6.6 (detecção de potenciais não conformidades), 6.8 (detecção de oportunidades de melhoria) e 6.9 (detecção de oportunidades de inovação).

A avaliação dos fornecedores de materiais e equipamentos é feita encomenda a encomenda. Cada encomenda é avaliada atendendo aos seguintes quatro critérios:

- C1. Qualidade do bem recepcionado.
- C2. Cumprimento do prazo de entrega acordado.
- C3. Conformidade da encomenda recepcionada com a descrição mencionada na ordem de compra.
- C4. Concordância entre as condições comerciais acordadas e o conteúdo da factura emitida pelo fornecedor.

A avaliação de cada encomenda é registada na “ficha de avaliação de fornecedores”, modelo de impresso STML-018, correspondente ao fornecedor em questão. Quadrimestralmente, com base nos dados referentes aos três últimos anos de encomendas, é actualizado o cálculo da seguinte métrica:

$$DPME_{\text{Fornecedor}} = \frac{D}{(C1 + C2 + C3 + C4) \times E} \times 10^6$$

$DPME_{\text{Fornecedor}}$ = Número de defeito por milhão de encomendas do fornecedor avaliado.

D = Número de encomendas do fornecedor que não cumprem pelo menos um dos 4 critérios, ao longo dos últimos 3 anos.

$C1 + C2 + C3 + C4 = 4$ = Quatro critérios envolvidos na avaliação de cada encomenda.

E = Número total de encomendas efectuadas ao fornecedor avaliado, ao longo dos últimos 3 anos.

A partir do resultado da métrica $DPME_{\text{Fornecedor}}$, é seguidamente estimado o valor do Nível Sigma do fornecedor, de acordo com a seguinte expressão:

$$Z_{\text{Fornecedor}} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \times \ln(DPME_{\text{Fornecedor}})}$$

O fornecedor constará da “lista de fornecedores e subcontratados qualificados” (modelo de impresso STML-017) se o valor de $Z_{\text{Fornecedor}}$ for igual a superior a 3,5.

Figura 6.18 – Avaliação de fornecedores de materiais e equipamentos através do Nível Sigma, segundo o procedimento “avaliação e qualificação de fornecedores e subcontratados”, referência PS-07-01.

As sinergias descritas no parágrafo anterior foram contempladas na versão inicial do SGQ da STML, implementado em 2006. Uma das decisões tomadas na revisão do SGQ ocorrida em 2009, em torno desta questão, foi a de dotar os colaboradores da STML, que iriam desempenhar o papel de *Sponsors* no seio da estrutura humana do programa Seis Sigma, com conhecimentos sobre a utilização das ferramentas da qualidade²⁸ que lhes permitissem aumentar a sua aptidão para tratar, analisar e interpretar dados e, desse modo, identificar e propor potenciais projectos Seis Sigma decorrentes das oportunidades detectadas. Foi, neste sentido, ministrada formação nessas temáticas, ao Coordenador Técnico, ao Gestor Comercial e aos Gestores de Processo.

O procedimento sobre a realização de “auditorias internas”, com a referência PS-08-02, foi um dos procedimentos mais intensamente revistos, tendo em vista o objectivo de integração entre o SGQ e o programa Seis Sigma. Na sua primeira versão, elaborada em 2006, este procedimento tinha por objectivo estabelecer os métodos e as regras para a programação, planeamento, realização, conclusão e seguimento de auditorias internas ao sistema de gestão da qualidade da STML. Em 2009, o âmbito deste procedimento foi alargado, passando também a incluir:

- Auditorias internas combinadas ao SGQ, baseado nos requisitos da ISO 9001, e ao programa Seis Sigma, para aferir sobre a eficácia e adequação do programa Seis Sigma e da sua integração com o SGQ.

²⁸ Nomeadamente as ferramentas básicas da qualidade e as ferramentas de planeamento e gestão da qualidade.

- Auditorias internas de conformidade a projectos Seis Sigma concluídos que se encontrassem na fase de pós-projecto, para avaliar, de forma independente, a eficácia das acções definidas e implementadas em consequência do projecto.

A versão revista, em 2009, do procedimento de “auditorias internas” encontra-se transcrita no apêndice XIV.4. Do apêndice XIV.5 consta o modelo de impresso “lista de verificação de auditoria interna”, referência STML-011, que contém a globalidade dos requisitos que devem ser cumpridos pelo SGQ, de acordo com as várias cláusulas e subcláusulas da norma ISO 9001, e pelo programa Seis Sigma.

ISO Guide 72: assunto principal “Melhoria”

Conforme foi descrito na subsecção 6.2.3.1, o SGQ da STML, quando foi desenvolvido em 2006, contemplou quatro vias diferentes, mas complementares, para operacionalizar a sua melhoria contínua na empresa, nomeadamente através de: (1) tratamento de não conformidades e de potenciais não conformidades; (2) elaboração e implementação de planos de acção; (3) realização de projectos de melhoria contínua; (4) realização de projectos de concepção e desenvolvimento.

O tratamento de não conformidades (figura 6.5) envolve um conjunto articulado de actividades organizadas em torno de cinco fases, baseadas no ciclo DMAIC. O tratamento de potenciais não conformidades ocorre de forma idêntica (figura 6.6). Ambos constam do procedimento PS-08-04, intitulado “acções correctivas e preventivas”, que não sofreu alterações em 2009.

Em resultado do processo de revisão pela gestão do SGQ, é sempre elaborado um plano de acção actualizado, onde se descrevem as medidas a desenvolver e implementar, juntamente com as indicações de prazos e de responsabilidades a elas associados, para concretizar os objectivos da qualidade estabelecidos.

Em consequência da revisão pela gestão do SGQ, pode também resultar a decisão de iniciar projecto(s) de melhoria contínua e/ou de concepção e desenvolvimento, como representado na figura 6.4. Os projectos de melhoria contínua são orientados de acordo com o mapa DMAIC, conforme se esquematiza na figura 6.8. Os projectos de C&D, ou de inovação, são planeados e executados de acordo com o mapa ICOV usado na abordagem de DFSS, como mostra a figura 6.9. Estas sinergias entre a ISO 9001 e o Seis Sigma haviam já sido previstas em 2006, tal como foi anteriormente explicado na subsecção 6.2.3.1, e foram mantidas em 2009. A única diferença prende-se com a adopção explícita dos termos “projecto Seis Sigma de melhoria contínua” (ou “projecto Seis Sigma DMAIC”) e “projecto Seis Sigma de inovação” (ou “projecto de DFSS”).

ISO Guide 72: assunto principal “Revisão pela gestão”

A revisão pela gestão do SGQ da STML interage com o programa Seis Sigma, no sentido em que envolve a avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma propostos pelos *Sponsors*, sejam estes de melhoria contínua (Seis Sigma DMAIC) ou de inovação (DFSS), culminando na eventual selecção de projectos a executar. Esta interacção foi prevista e contemplada na versão inicial do SGQ, de 2006.

6.2.3.3. Operacionalização-piloto do programa Seis Sigma

Decidiu-se avançar, no princípio de 2010, com a operacionalização-piloto do programa Seis Sigma, isto é, com a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, avaliação dos mesmos, selecção do primeiro projecto a realizar, sua execução e encerramento. Pretendeu-se, deste modo, retirar algumas conclusões adicionais sobre a eficácia da estratégia de integração entre o SGQ, baseado na norma ISO 9001, e o programa Seis Sigma, que foi prosseguida. Outro objectivo foi o de aferir a capacidade da empresa para empreender, nesse momento, com sucesso, projectos Seis Sigma.

Identificação de potenciais projectos Seis Sigma

Para proceder à identificação de possíveis projectos Seis Sigma, foi compilada uma série de dados e de informação (dados já tratados) oriundos do SGQ, tipificados conforme se indica no quadro 6.1. Tendo o seu SGQ implementado com sucesso, desde o final de 2006, a STML dispunha de elementos suficientes para se poderem detectar oportunidades de melhoria, e mesmo de inovação, para que, a partir destas, se identificassem possíveis projectos Seis Sigma.

O quadro 6.2 indica os cinco potenciais projectos Seis Sigma que foram identificados, bem como o âmbito e os objectivos de cada um deles, com base nas oportunidades de melhoria detectadas. O procedimento seguido foi o previsto no processo de “planeamento, melhoria e controlo do sistema de gestão da qualidade”, com a referência SIPOC-G-01. Da lista constam apenas potenciais projectos Seis Sigma de melhoria contínua, dado não se ter pretendido, num nível de maturidade ainda tão incipiente, desenvolver projectos de DFSS na organização.

Quadro 6.1 – Dados e informações utilizados para identificar potenciais projectos Seis Sigma.

	Fontes com origem interna	Fontes com origem externa
Fontes retroactivas	<ul style="list-style-type: none"> ● Indicadores-chave de desempenho (KPIs) do SGQ e sua evolução. ● Indicadores-chave de desempenho (KPIs) dos processos e sua evolução. ● Indicadores-chave de desempenho (KPIs) dos serviços e sua evolução. ● Relatórios de serviços realizados. ● Registos de tratamento de não conformidades. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Reclamações dos clientes. ● Resultados dos inquéritos à satisfação dos clientes, preenchidos no final dos serviços prestados. ● Resultados da avaliação periódica dos fornecedores. ● Resultados dos relatórios de inspecção.
Fontes proactivas	<ul style="list-style-type: none"> ● Resultados das auditorias internas realizadas ao SGQ. ● Registos de tratamento de potenciais não conformidades. ● Resultados da supervisão dos técnicos. ● Entrevistas ao Gestor da STML, Gestor Comercial e Coordenador Técnico. 	<ul style="list-style-type: none"> ● Resultados das auditorias externas associadas à certificação do SGQ. ● Sugestões dos clientes. ● Prováveis diplomas legais a serem publicados. ● Prováveis regulamentos das concessionárias de gás a serem publicados.

Quadro 6.2 – Potenciais projectos Seis Sigma identificados.

Potencial projecto	Âmbito	Objectivo(s) principal(ais)
A – Tempo de emissão de propostas	Envio de proposta de prestação de serviço, em resposta a uma consulta.	Minimizar o tempo e a variabilidade de tempo que medeia entre a recepção da consulta e a emissão de proposta.
B – Erros nas facturas emitidas	Emissão de facturas referentes a serviço(s) prestado(s).	Minimizar o número de situações em que ocorre facturação incorrecta.
C – <i>Stocks</i> de materiais	Gestão de <i>stocks</i> dos materiais para incorporação nos trabalhos de instalação de infraestruturas.	Minimizar os actuais níveis de <i>stock</i> e os custos associados; definir <i>stocks</i> de segurança e pontos de encomenda adequados; racionalizar o armazém.
D – Replaneamento de trabalhos	Situações em que o planeamento do trabalho se revelou ser inadequado, causando situações de desperdício (deslocações desnecessárias, compra de mais material, atraso na prestação dos serviços, etc.).	Minimizar o número de situações em que o plano de trabalhos se revela inadequado.
E – Não conformidades de serviço	Não conformidades referentes ao resultado do serviço prestado, identificadas pela STML e/ou pela entidade inspectora.	Minimizar o número de não conformidades ocorridas na prestação de serviços.

Avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma e selecção do projecto a realizar

Os cinco possíveis projectos Seis Sigma, identificados pela empresa, foram seguidamente submetidos a avaliação, que decorreu durante uma das revisões pela gestão do SGQ, conforme previsto no procedimento PS-05-01. Foi utilizada e conforme previsto, para apoiar o processo de avaliação, uma matriz simples de prioridades (quadro 6.3).

Quadro 6.3 – Avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma através de uma matriz de prioridades.

Potencial projecto	Critério 1 (20%)	Critério 2 (30%)	Critério 3 (30%)	Critério 4 (20%)	Pontuação final
Projecto A	4	3	3	4	3,4
Projecto B	4	4	3	2	3,3
Projecto C	3	5	4	4	4,1
Projecto D	5	5	2	4	3,9
Projecto E	5	4	3	4	3,9

Pontuação adoptada na avaliação:

- 5 O projecto é muito adequado ao critério.
- 4 O projecto é adequado ao critério.
- 3 O projecto é moderadamente adequado ao critério.
- 2 O projecto é neutral ao critério.
- 1 O projecto não é adequado ao critério.

Os critérios adoptados para a avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma e as respectivas ponderações foram os seguintes:

- *Critério 1:* Contribuição do projecto para a concretização dos objectivos da qualidade (20%).
- *Critério 2:* Contribuição do projecto para a redução de custos (30%).
- *Critério 3:* Probabilidade de sucesso do projecto (30%).
- *Critério 4:* Alavancagem provocada pelo projecto (impacto positivo noutros processos) (20%).

Os resultados da avaliação encontram-se indicados no quadro 6.3. A pontuação final de cada possível projecto corresponde à média ponderada das pontuações individuais em cada critério. Face às classificações obtidas, o projecto C (*stocks* de materiais) foi o seleccionado.

Planeamento e realização do projecto Seis Sigma seleccionado e fase de pós-projecto

O projecto foi planeado, realizado e encerrado de acordo com o previsto no procedimento “projectos de melhoria contínua”, referência PS-08-05, que tem por base o mapa DMAIC. Todo o trajecto deste projecto encontra-se descrito em pormenor no apêndice XIV.6. O quadro 6.4 resume as técnicas e ferramentas usadas no planeamento do projecto e em cada fase do ciclo DMAIC, juntamente com a descrição de qual o propósito dessa utilização.

Os quadros 6.5 e 6.6 resumem os resultados alcançados com a realização deste projecto Seis Sigma. Ambos indicam os níveis de desempenho estimados em três momentos diferentes do tempo:

- *Desempenho inicial* – Níveis de desempenho que foram determinados na fase de *Measure* do projecto Seis Sigma, representando portanto uma estimativa do desempenho actual (*baseline*) do processo de gestão de *stocks*, antes de quaisquer acções de melhoria terem sido definidas e postas em prática.
- *Desempenho previsto* – Corresponde aos níveis de desempenho que se previam alcançar em resultado da implementação efectiva das acções de melhoria delineadas.
- *Desempenho após o projecto* – Diz respeito aos níveis de desempenho que foram estimados seis meses após o projecto Seis Sigma ter sido encerrado, com base nos dados disponíveis referentes a esse período.

O quadro 6.5 apresenta também os valores, para cada um dos artigos que representam um maior valor de *stock*, dos indicadores-chave de desempenho (KPIs) que foram definidos para o processo de gestão de *stocks*: Nível Médio de *Stock* (quanto menor o seu valor, melhor), Taxa de Rotação do *Stock* (quanto maior o seu valor melhor) e Nível de Serviço (quanto maior o seu valor, melhor). Indicam-se também os valores dos custos totais associados à constituição de *stocks* de cada artigo.

O quadro 6.6 indica ainda os valores globais de desempenho, considerando o conjunto dos cinco artigos. As métricas usadas para medir o desempenho geral são o Nível de Serviço global e os Níveis Sigma. São apresentados os valores estimados de curto e de longo prazos para o Nível Sigma.

Quadro 6.4 – Técnicas e ferramentas usadas no projecto Seis Sigma realizado na STML.

Fase	Técnicas/ferramentas usadas	Propósito da utilização
Planeamento	<ul style="list-style-type: none"> • Declaração de Projecto. 	Compilar toda a informação fundamental do projecto num único documento.
<u>Define</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Matriz RACI. • Gráfico de Gantt. 	Definir e comunicar papéis e responsabilidades. Programar temporalmente as actividades do projecto.
	<ul style="list-style-type: none"> • <i>In-Scope/Out-of-Scope</i>. • Diagrama de Pareto. 	Ajudar a definir, clara e inequivocamente, o âmbito do projecto. Prioritizar os artigos a analisar, atendendo ao seu valor de <i>stock</i> ; os artigos prioritizados pertencem à classe A na análise ABC.
	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de sistemas. 	Compreender o impacto do projecto Seis Sigma no SGQ e nos resultados do negócio.
<u>Measure</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Tabela de KPIs. 	Definir os KPIs que permitirão medir os níveis de desempenho relativos à gestão de <i>stocks</i> .
<u>Analyse</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Análise de custos. 	Determinar os custos associados aos <i>stocks</i> .
	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de Ishikawa. • Diagrama de interrelações. 	Identificar potenciais causas que provocam o mau desempenho verificado na fase de <i>Measure</i> . Compreender melhor as relações entre as possíveis causas e identificar a causa-chave, a partir da qual se determinará(ao) a(s) causa(s)-raiz.
	<ul style="list-style-type: none"> • Cinco porquês (5 <i>Whys</i>). • Árvore de CTQCs. 	Determinar a(s) causa(s)-raiz do mau desempenho verificado na fase de <i>Measure</i> . Determinar e organizar as relações de causa-efeito entre as CTQCs, começando pelos KPIs definidos.
<u>Improve</u>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Brainstorming</i>. 	Gerar possíveis acções de melhoria que, uma vez desenvolvidas e implementadas, possam melhorar os níveis de desempenho do processo de gestão de <i>stocks</i> .
	<ul style="list-style-type: none"> • Teste de Anderson-Darling. 	Estudar a possibilidade de modelar as necessidades de consumo dos artigos de classe A, através de uma Distribuição Normal.
	<ul style="list-style-type: none"> • Gráficos de tendência. 	Verificar o comportamento temporal do consumo dos artigos armazenados para, assim, determinar qual(ais) a(s) técnica(s) de previsão mais adequada(s) a usar.
	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas de previsão. • 5W1H. 	Prever os níveis de consumo dos artigos de classe A, para assim estabelecer as respectivas quantidades óptimas de encomenda, pontos de encomenda e <i>stocks</i> de segurança. Estruturar e comunicar o planeamento referente à implementação das acções de melhoria.
<u>Control</u>	<ul style="list-style-type: none"> • Plano de controlo. 	Monitorizar e controlar as variáveis-chave que influenciam, de forma significativa, os valores dos KPIs da gestão de <i>stocks</i> .

Quadro 6.5 – Comparação entre os níveis de desempenho do processo de gestão de *stocks*, por artigo de classe A, em diferentes momentos de tempo do projecto Seis Sigma.

Indicador	Desempenho	Tubo cobre Ø 12mm	Tubo cobre Ø 15mm	Tubo cobre Ø 18mm	Tubo cobre Ø 22mm	Tubo cobre Ø 28mm
Nível de Médio de <i>Stock</i>	Inicial (<i>baseline</i>)	69,5 metros	106,0 metros	66,6 metros	149,3 metros	52,8 metros
	Previsto	62,0 metros	70,5 metros	54,5 metros	82,5 metros	33,0 metros
	Após o projecto	66,4 metros	68,1 metros	51,9 metros	82,4 metros	31,7 metros
Taxa de Rotação do <i>Stock</i>	Inicial (<i>baseline</i>)	4,46	4,34	4,81	5,26	3,22
	Previsto	4,45	5,79	5,06	8,29	5,45
	Após o projecto	2,98	3,42	3,25	4,47	3,98
Nível de Serviço	Inicial (<i>baseline</i>)	100,00%	100,00%	96,67%	95,12%	95,00%
	Previsto	99,9968%	99,9968%	99,9968%	99,9968%	99,9968%
	Após o projecto	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Custos Totais do <i>Stock</i>	Inicial (<i>baseline</i>)	127,65 €	217,51 €	190,69 €	330,92 €	197,93 €
	Previsto	111,59 €	144,75 €	134,61 €	245,83 €	136,69 €
	Após o projecto	144,83 €	155,69 €	150,79 €	259,29 €	151,08 €

Quadro 6.6 – Comparação entre níveis globais de desempenho do processo de gestão de *stocks*, em diferentes momentos de tempo do projecto Seis Sigma.

Desempenho	Nível de Serviço global (NS_{Global})	Nível Sigma global longo prazo ($Z_{Global-LP}$)	Nível Sigma global curto prazo ($Z_{Global-CP}$)
Inicial (<i>baseline</i>)	87,3549%	1,14	2,64
Previsto	99,9840%	3,60	5,10
Após o projecto	100,0000%	> 4,50	> 6,00

A fase de pós-projecto envolveu a realização de uma auditoria interna de conformidade ao projecto Seis Sigma. Os principais objectivos desta auditoria foram os de avaliar se:

- Os objectivos estabelecidos para o projecto Seis Sigma foram alcançados.
- O projecto Seis Sigma foi correctamente planeado e realizado.
- As acções de melhoria e os novos procedimentos daí decorrentes estavam a ser correcta e sistematicamente cumpridos.
- Os níveis de desempenho após o projecto ter sido encerrado estavam em linha com os níveis de desempenho previstos.
- O projecto Seis Sigma contribuiu efectivamente para a melhoria do SGQ da empresa.

As principais conclusões da auditoria foram as seguintes:

- Em geral, o planeamento e programação do projecto foram satisfatoriamente cumpridos.
- Os objectivos do projecto que constam da Declaração de Projecto foram, na sua globalidade, concretizados com êxito.
- As disposições previstas no procedimento “projectos de melhoria contínua” (PS-08-05) foram cumpridas ao longo do planeamento, realização e encerramento do projecto Seis Sigma.
- A utilização das técnicas e ferramentas fez-se de forma estruturada e numa sequência lógica.

- Em geral, as acções de melhoria definidas no projecto Seis Sigma demonstraram ser eficazes, no sentido de que melhoraram os níveis de desempenho inicialmente estimados.
- O projecto Seis Sigma trouxe ganhos de eficiência, a nível de uma maior racionalização do armazém e uma redução de custos associados à gestão de *stocks*.
- Alguns dos novos procedimentos adoptados tiveram um impacto positivo no planeamento da realização dos serviços prestados, visto que implicaram a sistematização do levantamento de necessidades de materiais, acessórios e equipamentos a utilizar nos trabalhos adjudicados.
- A redução de custos conseguida foi importante, mas menos expressiva do que a inicialmente esperada.
- Embora se tenha registado uma tendência de decréscimo do consumo mensal dos artigos analisados, constatou-se que o plano de controlo elaborado não foi cumprido, porque as previsões do consumo não foram revistas e actualizadas, como previsto, de modo a recalcular as quantidades óptimas de encomenda, *stocks* de segurança e pontos de encomenda.

6.3. Caso de aplicação no Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ)

6.3.1. A empresa

O Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ) é uma entidade privada e independente, constituída em 1965, que oferece serviços nas áreas de inspecção, formação e consultoria técnica, apoiados em actividades de investigação e desenvolvimento e laboratórios acreditados. O ISQ é a maior organização portuguesa de inspecções técnicas e ensaios.



Figura 6.19 – Logótipo do Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ).

É Missão do ISQ contribuir para a melhoria contínua da indústria e dos serviços portugueses, com a consequente projecção internacional, prestando ao Estado, autarquias e empresas, colaboração ao nível da transferência e desenvolvimento de tecnologia, inovação de produtos e processos, estruturação de processos de gestão e controlo da qualidade, higiene e segurança, controlo energético e ambiental e valorização sistemática dos recursos humanos.

Pautando toda a sua actividade com base em valores fundamentais como a ética, idoneidade e independência de actuação e apostando no desenvolvimento contínuo de conhecimento e tecnologia, o ISQ tem sido capaz de apresentar, aos seus clientes e parceiros, novas e sofisticadas soluções, integradas, globais e de elevado valor acrescentado que vão ao encontro das suas necessidades e

expectativas. Tal esforço tem sido compensado pelo reconhecimento, que já extravasa fronteiras, da sua competência e credibilidade, o que tem sustentado o sólido crescimento do Grupo ISQ. Através do estímulo ao envolvimento activo de todos os colaboradores nas actividades do negócio, juntamente com a partilha do sucesso entre todos, o ISQ pretende contribuir para a realização profissional e pessoal dos seus colaboradores.

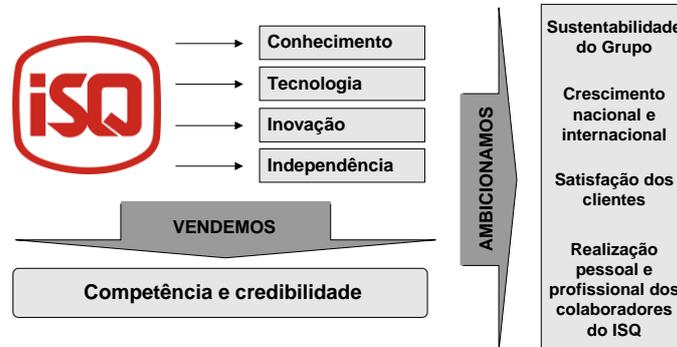


Figura 6.20 – Marca ISQ (adaptado de: Cruz, 2010).

O historial do ISQ, desde a sua fundação em 1965 até aos presentes dias, em que o ISQ se assume como uma multinacional com presença nos cinco continentes, encontra-se descrito no apêndice XV.1. O ISQ conta actualmente com cerca de 1000 colaboradores. Encontra-se sediado no Taguspark, em Oeiras, possuindo, em território nacional, delegações em Vila Nova de Gaia, Castelo Branco e Sines, contando ainda com três escritórios em Braga, Loulé e Viseu. A presença internacional é significativa, contando já com presença permanente, através das suas delegações, em Angola, Brasil, Cabo Verde, Argélia, Espanha, Moçambique, Guiana Francesa, Noruega, Estados Unidos, China e Macau, e das suas agências no México, Cuba, Omã, Índia, Abu Dhabi, Qatar, Irão e Arábia Saudita.

A estrutura operacional do ISQ encontra-se representada na figura 6.21 e espelha uma objectiva focalização no cliente e uma orientação para a satisfação das necessidades do mercado.

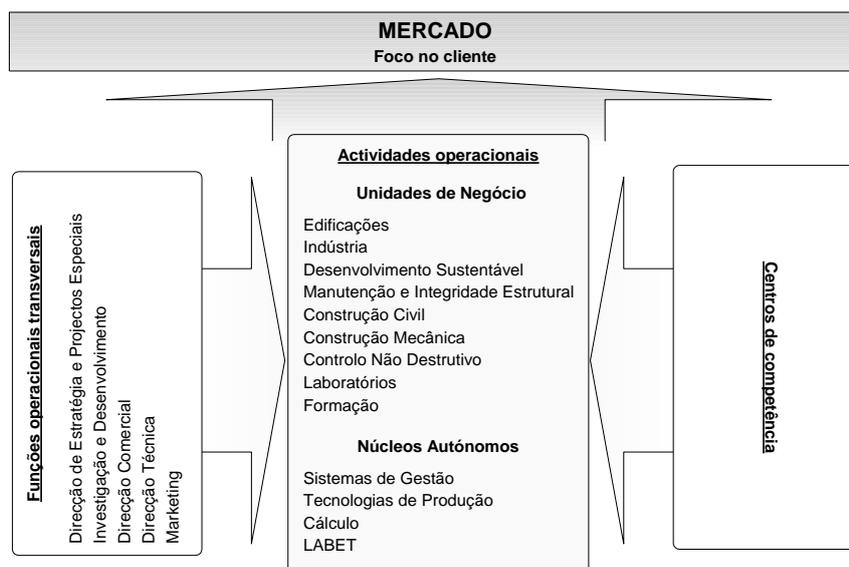


Figura 6.21 – Estrutura operacional do ISQ.

A mesma encontra-se organizada em direcções de unidades de negócio, com mercados-alvo bem definidos. Essas unidades de negócio são organizações verticalizadas, sendo por isso responsáveis pela estratégia e objectivos correspondentes à sua área de competência no ISQ. Os departamentos ou núcleos autónomos, embora não sendo direcções, são também unidades operacionais, que prestam serviços directamente ao seu mercado-alvo. As direcções operacionais de natureza transversal não só apoiam e acrescentam valor às actividades desenvolvidas pelas áreas operacionais, como podem, elas próprias, prestar serviços ao exterior. Os centros de competência são áreas de conhecimento especializado, que muitas vezes se encontram nas unidades de negócio, e têm como missão desenvolver e maturar esse conhecimento, pô-lo em prática e disseminá-lo pela organização.

As principais áreas de actividade de cada uma das unidades de negócio estão descritas em pormenor no apêndice XV.2. Da carteira de clientes do ISQ fazem parte as maiores e prestigiadas empresas privadas e públicas com actividade em Portugal. Com a crescente internacionalização da organização, o leque de clientes internacionais é também cada vez mais amplo. O apêndice XV.3 indica os principais clientes do ISQ e os trabalhos mais emblemáticos, realizados pela instituição, ao longo dos anos. O ISQ possui diversas acreditações, certificações e vários outros tipos de reconhecimento, que atestam a sua competência em múltiplos domínios do conhecimento. O apêndice XV.4 lista e enquadra os principais reconhecimentos da organização.

6.3.2. Enquadramento e objectivos do caso de aplicação

A realização deste caso de aplicação visou a exploração de sinergias de integração entre o Seis Sigma e um conjunto relevante de referenciais normativos de gestão, nomeadamente os seguintes: ISO/IEC 17020, ISO/IEC 17025, ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001. O caso exposto nesta secção cobre três aplicações que decorreram em diferentes áreas da organização e em distintos momentos do tempo, tendo assim sido possível cobrir todos esses referenciais de gestão. As áreas do ISQ onde ocorreu o caso descrito, o período do tempo em que cada aplicação decorreu, e os respectivos referenciais normativos envolvidos encontram-se indicados no quadro 6.7.

Quadro 6.7 – Enquadramento das aplicações de integração com o Seis Sigma no ISQ.

Área do ISQ	Referenciais de gestão
Gás, Águas e Saneamento	ISO/IEC 17020:1998
Controlo Não Destrutivo	ISO/IEC 17025:2005 e ISO 9001:2000
Estratégia e Projectos Especiais	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:2007

As primeiras duas aplicações ocorreram antes de ter lugar um projecto de reorganização interna, o qual conduziu à actual estrutura operacional representada na figura 6.21. A terceira aplicação indicada no quadro 6.7, que decorreu já depois da reorganização, foi coordenada a partir da Direcção de Estratégia e Projectos Especiais (DEPE), tendo envolvido várias outras direcções da empresa. Os principais objectivos que levaram à realização deste caso de estudo foram os seguintes:

- Testar a integração do Seis Sigma, numa perspectiva de sistema de gestão, com diferentes referenciais normativos, para além da norma ISO 9001, com o intuito de determinar a

aplicabilidade das propostas de integração constantes do capítulo 4 da tese, bem como as vantagens que daí poderiam advir.

- Verificar qual a viabilidade e quais os benefícios resultantes de integrar o Seis Sigma em simultâneo com mais do que um referencial de gestão, ou seja, de articular um programa Seis Sigma com um sistema integrado de gestão constituído por dois ou mais referenciais normativos de gestão de tipo A.

6.3.3. Realização do caso de aplicação

6.3.3.1. Unidade de Negócios Gás, Águas e Saneamento (GÁS) – Integração com a norma ISO/IEC 17020

A área de negócios Gás foi constituída em 1990, altura em que se perspectivou um grande crescimento da área da construção de redes de gás para abastecimento de gás natural. A maioria das inspecções técnicas, efectuadas no âmbito do projecto de gás natural em Portugal, foram realizadas por esta unidade de negócios do ISQ. Em 2003, em virtude da entrada num negócio emergente, a inspecção de redes de distribuição de água e saneamento passou a designar-se por unidade de negócios de Gás, Águas e Saneamento (GÁS) que, por feliz coincidência, forma um acrónimo igual ao nome original. Actualmente, após a reorganização, esta área encontra-se inserida na Direcção de Edificações. Em 2002, no âmbito da Portaria n.º 362/2000 de 20 de Junho, a área Gás foi acreditada, de acordo com a norma EN 45004 e a Directiva CNQ 31, para efectuar actividades de inspecção em:

- Redes e ramais de distribuição e instalações de gás.
- Equipamentos e outros sistemas de utilização de gases combustíveis em redes e ramais de distribuição e em instalações de gás.
- Verificação das condições de funcionamento dos aparelhos de gás, das condições de ventilação e evacuação dos produtos de combustão.
- Apreciação e aprovação de projectos de instalações de gás.

Em 2003 foi pedida uma auditoria de extensão para alargar a acreditação à inspecção de redes de alta pressão (gasodutos) e de redes de águas e de saneamento. Em 2005, a norma ISO/IEC 17020 veio substituir, para efeitos de acreditação, o referencial EN 45004. As duas normas são idênticas, pelo que o sistema da qualidade existente não teve que ser ajustado devido a alterações nos requisitos a satisfazer.

A estratégia visando a incorporação de um programa Seis Sigma no seio sistema da qualidade da Unidade de Negócios GÁS esteve alinhada com a seguinte sequência de passos:

- 1) Identificar os documentos que possam estar relacionados com o Seis Sigma.
- 2) Determinar a relação existente entre cada documento do sistema da qualidade e as actividades que se pretendem ver desempenhadas pelo programa Seis Sigma.

- 3) Usar e articular de forma lógica e coerente as práticas instituídas no sistema da qualidade e a respectiva documentação a elas associadas, de modo a ser possível operacionalizar o programa Seis Sigma, nomeadamente no que diz respeito à realização de projectos.
- 4) Proceder à realização de projecto(s) Seis Sigma que contribuam para a melhoria do sistema da qualidade da Unidade de Negócios GÁS.

A estrutura documental da Unidade de Negócios GÁS, em vigor à época, encontra-se representada na figura 6.22, onde também consta a relação da mesma com a estrutura documental do ISQ, sendo esta última transversal às várias áreas funcionais da organização. O apêndice XV.6 lista os documentos internos do sistema da qualidade da Unidade de Negócios GÁS para cada um dos quatro níveis indicados na figura. O quadro 6.8 indica quais os documentos que se considerou poderem ter um papel importante a desempenhar no programa Seis Sigma, sendo que essa relação também é descrita e enquadrada nos assuntos principais do ISO Guide 72. A codificação de cada documento indicado no quadro possibilita que se determine qual a secção da norma ISO/IEC 17020 a que a relação diz respeito (e.g. PF.I-GÁS-07/01 indica uma relação entre o Seis Sigma e o sistema da qualidade com base num requisito contido na secção 7 da norma de referência).

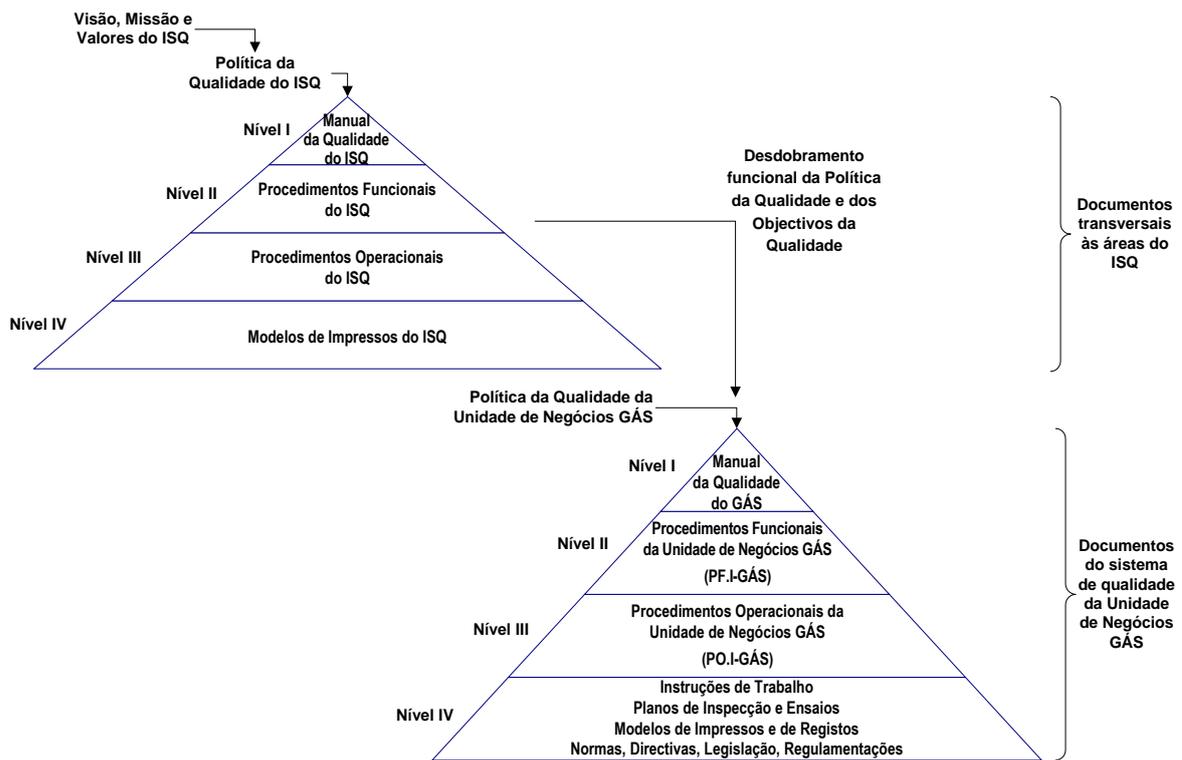


Figura 6.22 – Estrutura documental da Unidade.de Negócios GÁS e do ISQ e relação entre ambos.

O passo seguinte consistiu em articular os procedimentos referidos no quadro 6.8, por forma a obter um processo que permitisse operacionalizar o programa Seis Sigma, através da sistematização das seguintes actividades:

- Identificação de potenciais projectos Seis Sigma, realizada a partir da detecção de oportunidades de melhoria resultantes da análise de dados relevantes.
- Avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma identificados, atendendo, para tal, a um conjunto de critérios pré-estabelecidos.
- Priorização dos projectos Seis Sigma que obtenham melhor classificação, seleccionando aquele(s) que deverá(ão) se realizado(s).
- Planeamento e execução do(s) projecto(s) Seis Sigma seleccionado(s).
- Realização das actividades de pós-projecto, nomeadamente a determinação da eficácia das acções de melhoria introduzidas na consequência da realização de um projecto Seis Sigma e a contribuição do mesmo para a melhoria contínua do sistema da qualidade da Unidade de Negócios GÁS.

Quadro 6.8 – Sinergias entre os documentos do sistema da qualidade do GÁS e o programa Seis Sigma e enquadramento dessas sinergias nos assuntos principais do ISO Guide 72.

Nível	Título do documento	Relação com o programa Seis Sigma	ISO Guide 72
II	Revisão do sistema da qualidade (PF.I-GÁS-07/01)	Avaliar potenciais projectos Seis Sigma e seleccionar aquele(s) a realizar.	Revisão pela gestão
II	Não conformidades, acções correctivas e preventivas (PF.I-GÁS-07/02)	Determinar as causas-raiz de problemas e potenciais problemas, para melhor definir acções correctivas e preventivas. Identificação de possíveis projectos Seis Sigma a partir das não conformidades e potenciais não conformidades detectadas.	Melhoria Avaliação de desempenho
II	Auditorias internas da qualidade (PF.I-GÁS-07/04)	Identificar potenciais projectos Seis Sigma a partir dos resultados das auditorias internas. Aferir sobre a eficácia das acções de melhoria implementadas no decurso de um projecto Seis Sigma.	Avaliação de desempenho
II	Índice de satisfação do cliente (PF.I-GÁS-07/06)	Identificar potenciais projectos Seis Sigma a partir dos resultados da medição da satisfação dos clientes.	Avaliação de desempenho
II	Programação da formação de pessoal (PF.I-GÁS-08/01)	Identificar e satisfazer necessidades de formação, em torno da temática do Seis Sigma, na Unidade de Negócios GÁS.	Implementação e operação
II	Programação, execução e controlo de actividades (PF.I-GÁS-10/01)	Ajudar a determinar e a organizar os requisitos críticos dos clientes, incluindo os não declarados por estes.	Planeamento
II	Análise de contrato (PF.I-GÁS-10/02)	Ajudar a estabelecer definições operacionais associadas a cada requisito crítico.	Operação e controlo
II	Reclamações e recursos (PF.I-GÁS-15/01)	Identificar potenciais projectos Seis Sigma a partir do tratamento de reclamações.	Avaliação de desempenho
III	Medidas de segurança nas actividades de inspecção (PO.I-GÁS-10/13)	Identificar potenciais projectos Seis Sigma, na área da SST, que permitam reduzir os níveis de risco associados às actividades de inspecção.	Planeamento

A figura 6.23 ilustra a relação que foi pensada para as actividades acima referidas, e cuja sequência corresponde ao ciclo de vida dos projectos Seis Sigma. A mesma figura esquematiza também o enquadramento de aplicação, a essas actividades, dos procedimentos funcionais e operacionais do sistema da qualidade, referidos do quadro 6.8.

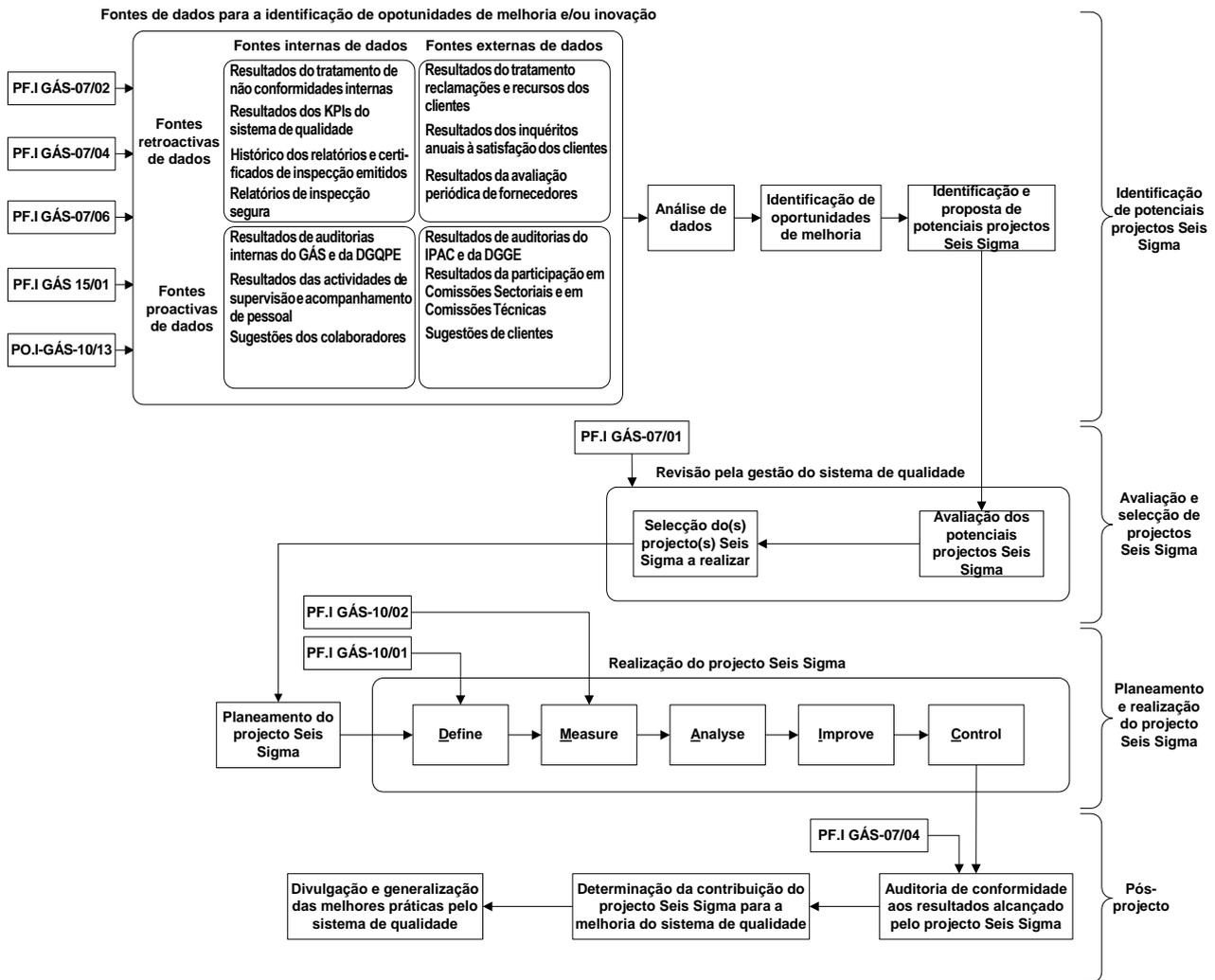


Figura 6.23 – Enquadramento dos procedimentos do sistema da qualidade da Unidade de Negócios GÁS nas actividades relacionadas com o ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.

Após uma auditoria de acompanhamento, realizada pelo IPAC, no âmbito da acreditação da Unidade de Negócios GÁS enquanto organismo de inspecção, foi decidido pôr em prática o procedimento indicado na figura 6.23, que levaria à execução do primeiro projecto Seis Sigma. O maior objectivo da operacionalização de um programa Seis Sigma na Unidade de Negócios GÁS foi o de contribuir para a melhoria contínua do sistema da qualidade e o de recolher evidências objectivas da consumação dessa mesma melhoria, que também pudessem ser usadas em sede de auditoria.

Identificação de potenciais projectos Seis Sigma

Começou-se por compilar um conjunto de dados considerados relevantes, muitos deles gerados no decurso do funcionamento do sistema da qualidade da Unidade de Negócios GÁS. A análise destes dados, visando a detecção de oportunidades de melhoria, assentou na seguinte estratégia:

- Organização e tipificação de dados de carácter qualitativo (e.g. reclamações, sugestões), fazendo uso das ferramentas de planeamento e gestão da qualidade, nomeadamente as seguintes: diagrama de afinidades, diagrama de interrelações e matrizes de relações.

- Análise quantitativa dos dados recorrendo ao auxílio de ferramentas da qualidade, nomeadamente o diagrama de Pareto, para priorizar áreas de intervenção (e.g. priorizar os tipos/grupos de reclamações mais frequentes).
- Estudos de tendências relativamente aos resultados alcançados a nível dos KPIs, de modo a verificar se a evolução é favorável e satisfatória.
- Análise de desvios (*gap analysis*) entre os resultados alcançados, mensuráveis através dos KPIs, e os objectivos da qualidade estabelecidos. Utilizaram-se, em alguns casos, testes de hipóteses para determinar se os objectivos definidos foram ou não atingidos (e.g. verificação se o tempo médio de emissão dos certificados de inspecção excede o tempo mínimo de emissão previsto).

O resultado do processo de análise dos dados foi a identificação de oportunidades de melhoria, o que possibilitou, em conjunto com o Gestor da Unidade de Negócios GÁS e com os Responsáveis Técnicos, identificar o seguinte leque de potenciais projectos Seis Sigma:

- 1) Redução do tempo médio de emissão dos certificados de inspecção a instalações de gás, bem como da variabilidade deste tempo (título do projecto: Certificado Sigma).
- 2) Redução do número de ocorrências de relatórios de inspecção a instalações de gás, elaborados pela Unidade de Negócios GÁS, que apresentem um ou mais erros (título do projecto: Relatório Sigma).
- 3) Aumento da uniformização entre os inspectores na realização dos ensaios de monóxido de carbono e nos ensaios de estanquidade (título do projecto: Ensaios Sigma).
- 4) Aumento da percentagem de inspecções a instalações de gás que são efectivamente realizadas na data e hora planeadas (título do projecto: Inspeção Sigma).

Avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma e selecção do projecto a realizar

Os quatro potenciais projectos Seis Sigma foram avaliados em reunião de revisão pela gestão do sistema da qualidade, tendo sido adoptados os seguintes critérios de avaliação:

- Contribuição do projecto para a satisfação das necessidades e expectativas dos clientes.
- Contribuição do projecto para a qualidade e competitividade dos serviços prestados pela Unidade de Negócios GÁS.
- Probabilidade de êxito do projecto.
- Contribuição do projecto para a melhoria contínua do sistema da qualidade da Unidade de Negócios GÁS.
- Alinhamento com as orientações estratégicas do ISQ.

O projecto 2, referente à redução do número de relatórios de inspecção a instalações de gás contendo erros, foi o projecto escolhido. A importância atribuída a este projecto deveu-se bastante a duas constatações assinaladas em auditorias externas diferentes, uma delas na mais recente auditoria de acompanhamento. O detalhe dos resultados da avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma encontra-se no apêndice XV.7.

Planeamento e realização do projecto Seis Sigma seleccionado e fase de pós-projecto

Conforme se constata na figura 6.23, apenas se contemplou a realização de projectos Seis Sigma de melhoria contínua, sendo por isso utilizado o mapa de referência DMAIC. Não houve o intuito de se proceder à realização de projectos de DFSS na Unidade de Negócios GÁS. A descrição sobre o planeamento e realização do projecto Seis Sigma seleccionado, ao longo das fases que constituem o DMAIC, consta do apêndice XV.8. O quadro 6.9 indica as técnicas e ferramentas aplicadas em cada fase do ciclo DMAIC e o respectivo propósito de utilização.

Quadro 6.9 – Técnicas e ferramentas usadas no projecto Seis Sigma realizado na área GÁS.

Fase	Técnicas/ferramentas usadas	Propósito da utilização
Planeamento	<ul style="list-style-type: none"> • Declaração de Projecto. • Matriz RACI. 	<p>Reunir a informação do projecto num único documento.</p> <p>Definir e comunicar papéis e responsabilidades nas actividades do projecto.</p>
<i>Define</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Gráfico de Gantt. • Diagrama SIPOC. • Diagrama de Pareto. • Tabela de CTQCs. • Árvore de CTQCs. 	<p>Programar temporalmente as actividades do projecto.</p> <p>Mapear o processo de inspecção a instalações de gás e identificar as áreas do processo que se enquadram no âmbito do projecto Seis Sigma.</p> <p>Determinar quais os tipos de erros que ocorrem com mais frequência nos relatórios de inspecção.</p> <p>Converter as necessidades dos clientes em CTQCs e, para estas, estabelecer definições operacionais.</p> <p>Decompor as CTQCs nos níveis de detalhe necessários e assim auxiliar a estabelecer as definições operacionais.</p>
<i>Measure</i>	<ul style="list-style-type: none"> • MSA (análise à estabilidade do sistema de medição e estudos de R&R). 	<p>Avaliar o sistema de medição relativo à inspecção das ligações da instalação aos aparelhos a gás e aos ensaios de estanquidade.</p>
<i>Analyse</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Diagrama de Ishikawa. • Diagrama de afinidades. • Cinco porquês (5 <i>Whys</i>). • FMEA. 	<p>Identificar potenciais causas que conduzem ao preenchimento incorrecto do campo “aparelhos a gás”.</p> <p>Organizar e relacionar as potenciais causas identificadas no diagrama de Ishikawa.</p> <p>Determinar a(s) causa(s)-raiz para o preenchimento incorrecto do campo “aparelhos a gás”.</p> <p>Determinar quais as potenciais causas para a realização incorrecta de ensaios de estanquidade, priorizando-as com base no número de priorização de risco (NPR).</p>
<i>Improve</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Brainstorming</i>. • 5W1H. • FMEA. 	<p>Gerar possíveis acções de melhoria para minimizar o impacto da(s) causa(s)-raiz detectadas na fase de <i>Analyse</i>.</p> <p>Estruturar e comunicar o planeamento referente à implementação das acções de melhoria.</p> <p>Determinar a eficácia das acções de melhoria, relativas aos ensaios de estanquidade, através da verificação da redução dos valores de NPR.</p>
<i>Control</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Folhas de verificação. 	<p>Uniformizar os procedimentos e critérios de inspecção e permitir a sistematização das melhorias introduzidas.</p>

O quadro 6.10 resume os resultados alcançados com a realização deste projecto Seis Sigma, onde se constata uma melhoria dos níveis de desempenho, medidos através do número de *DPMO* e do Nível Sigma.

Na fase de pós-projecto, foi programada e realizada uma auditoria de conformidade ao processo de inspecção a instalações de gás, que permitiu confirmar a eficácia das ações de melhoria introduzidas na sequência da execução do projecto Seis Sigma. Os resultados do projecto constituíram também evidências que permitiram encerrar a constatação da última auditoria de acompanhamento.

Quadro 6.10 – Comparação entre os níveis de desempenho registados antes e depois da introdução das melhorias que resultaram da realização do projecto Seis Sigma.

Desempenho	DPMO	Nível Sigma longo prazo (Z_{LP})	Nível Sigma curto prazo (Z_{CP})
Inicial (<i>baseline</i>)	61.111	1,5	3,0
Após o projecto	14.444	2,2	3,7

6.3.3.2. Unidade de Negócios de Controlo Não Destrutivo (CND) – Integração com as normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001

Esta é uma das áreas com maior antiguidade no ISQ, sendo também das mais internacionalizadas, com serviços prestados em vários países. Em 1994, o Laboratório de Ensaios Não Destrutivos (LABEND) obteve a acreditação de acordo com o referencial EN 45001, a norma que antecedeu a ISO/IEC 17025, cuja primeira edição foi publicada cinco anos mais tarde, em 1999. Desde então, o LABEND é um laboratório acreditado para a realização de inúmeros tipos de ensaios não destrutivos, desde os tradicionais (e.g. radiografia, magnetoscopia) até aos mais avançados (e.g. correntes induzidas, TOFD). Em Março de 2004, o sistema de gestão da qualidade da Unidade de Negócios de Controlo Não Destrutivo foi certificado segundo o referencial ISO 9001.

A coexistência entre o subsistema de gestão do LABEND, baseado na norma ISO/IEC 17025, e o da Unidade de Negócios CND, alicerçado na ISO 9001:2000, foi conseguida através da harmonização e articulação entre os requisitos de ambos os referenciais. A consumação dessa integração, que conduziu à criação de um único sistema de gestão, requereu:

- A formulação de uma Política da Qualidade para toda a Unidade de Negócios de CND e não somente para o LABEND.
- Uma revisão do Manual da Qualidade, de modo a estabelecer, para este, uma estrutura e um conteúdo em linha com as relações existentes entre as cláusulas de ambos os referenciais.
- A identificação e mapeamento dos processos-chave da Unidade de Negócios de CND e a determinação da interrelação entre eles.
- Uma revisão dos procedimentos funcionais existentes, assegurando a sua transversalidade a ambos os subsistemas de gestão.

A figura 6.24 ilustra qual o âmbito de aplicação (ISO/IEC 17025, ISO 9001 ou ambos os referenciais) dos diferentes tipos e níveis documentais definidos para o sistema integrado de gestão. Uma vez que a norma ISO/IEC 17025 não incorpora o princípio da abordagem por processos, as fichas de processos da Unidade de Negócios de CND foram criadas com o objectivo de satisfazer os requisitos do referencial ISO 9001. Os procedimentos funcionais e os modelos de impressos, para além da Política da Qualidade e do Manual da Qualidade, são comuns aos dois subsistemas de gestão da

qualidade. Os procedimentos operacionais e as instruções de trabalho dizem essencialmente respeito aos processos técnicos de ensaios, cujo escopo incide nos requisitos técnicos da ISO/IEC 17025.

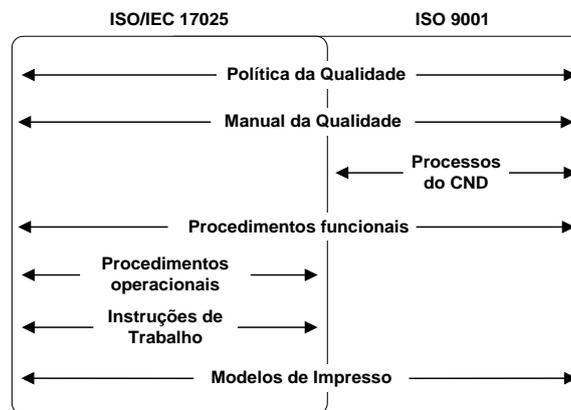


Figura 6.24 – Enquadramento dos diferentes tipos e níveis documentais em cada um dos subsistemas de gestão da Unidade de Negócios de CND.

Com a versão mais recente da norma ISO/IEC 17025 já publicada, decidiu-se estudar formas de incorporar um programa Seis Sigma no seio do sistema de gestão da Unidade de Negócios CND. O intuito para o desenvolvimento de um programa Seis Sigma na Unidade de Negócios CND foi o de este, através da realização de projectos criteriosamente seleccionados, poder contribuir para a melhoria contínua do seu sistema de gestão. Considerou-se que a forma mais eficaz de articular um programa Seis Sigma com os referenciais ISO/IEC 17025:2005 e ISO 9001:2000 era o de perspectivar o Seis Sigma como um sistema de gestão; nesta base de raciocínio, o ISO Guide 72 poderia ser utilizado para enquadrar as cláusulas desses dois referenciais nas actividades e boas práticas a adoptar no programa Seis Sigma. O enquadramento que foi desenhado encontra-se indicado no quadro 6.11.

Paralelamente, procurou-se assegurar que algumas das rotinas e regras previstas nos processos e procedimentos funcionais do sistema de gestão pudessem ter utilidade no âmbito das actividades de identificação, avaliação, selecção, planeamento, realização e encerramento de projectos Seis Sigma. A relação dos processos e dos procedimentos funcionais com as diferentes fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, que foi pensada para a área de CND, também se encontra patente no quadro 6.11 (as cláusulas indicadas da ISO/IEC 17025 referem-se à versão de 2005 desta norma).

Ao contrário do que sucedeu na Unidade de Negócios GÁS, não houve uma operacionalização do programa Seis Sigma, visto não ter sido possível, por razões várias, a realização de qualquer projecto. Ainda assim, identificaram-se alguns possíveis projectos Seis Sigma de melhoria contínua:

- Minimização de erros nos relatórios de ensaios radiográficos.
- Minimização da quantidade desperdiçada de películas radiográficas.
- Redução do tempo de emissão dos relatórios de ensaios.
- Minimização dos custos gerados por avarias nas máquinas RIG e RIX.

Quadro 6.11 – Sinergias entre os processos e procedimentos funcionais do CND e o programa Seis Sigma e enquadramento dessas sinergias nos assuntos principais do ISO Guide 72 e nas cláusulas das normas ISO/IEC 17025 e ISO 9001.

Processo do CND	Procedimentos funcionais aplicáveis	Cláusulas ISO/IEC 17025	Cláusulas ISO 9001	Relação com o programa Seis Sigma	ISO Guide 72
Responsabilidade da gestão.	- Revisão do SGQ - Não conformidades, acções correctivas e preventivas	4.2	5.1, 5.3	Comprometimento da gestão de topo do ISQ na realização de projectos Seis Sigma para a melhoria do sistema de gestão.	Política
		4.2	5.4	Coerência dos objectivos da qualidade com os objectivos de cada projecto Seis Sigma.	Planeamento
		4.15	5.6	Avaliação e selecção de projectos Seis Sigma.	Revisão pela gestão
Melhoria.	- Auditorias internas - Reclamações - Não conformidades, acções correctivas e preventivas - Estatística de clientes	4.14	8.2.2, 8.4	A análise de relatórios de auditorias internas e externas podem permitir a identificação de potenciais projectos Seis Sigma.	Avaliação de desempenho
		4.8	5.2, 8.2.1, 8.4	A análise de reclamações e sugestões de clientes e de outras partes pode permitir a identificação de potenciais projectos Seis Sigma.	Avaliação de desempenho
		4.8	5.2, 8.2.1, 8.4	A análise dos KPIs relativos aos clientes pode permitir a identificação de potenciais projectos Seis Sigma.	Avaliação de desempenho
		4.10	8.5.1	Os potenciais projectos Seis Sigma são seleccionados levando em linha de conta a sua potencial contribuição para a melhoria contínua do sistema de gestão	Melhoria
		4.9, 4.11, 4.12	8.3, 8.5.2, 8.5.3	A análise do histórico de tratamento de não conformidades e de potenciais não conformidades pode permitir a identificação de potenciais projectos Seis Sigma.	Avaliação de desempenho
Gestão de recursos (equipamentos e consumíveis).	- Manutenção e armazenamento de equipamentos e consumíveis - Controlo de equipamentos de medida e ensaio	5.5, 5.6	7.5.1, 7.5.5, 7.6	A análise de relatórios de ocorrência sobre danos, avarias ou outras não conformidades na qualidade dos consumíveis e/ou funcionamento de equipamentos pode permitir a identificação de potenciais projectos Seis Sigma.	Avaliação de desempenho
Gestão de recursos (infraestrutura)	- Segurança contra radiações ionizantes - Controlo de documentos e registos	4.3	4.2.3, 4.2.4	As regras de arquivo dos registos e de confidencialidade dos dados, decorrentes de um projecto Seis Sigma, são aquelas contempladas no sistema de gestão.	Implementação e operação
		5.4.7	6.3, 6.4	Não aplicável.	
Gestão de recursos (pessoal)	- Formação para a certificação	5.2	6.2	Levantamento de necessidades formativas em torno do Seis Sigma (incluindo certificação), realização dessa formação e determinação da sua eficácia.	Implementação e operação
Compras	- Aquisição de produtos e serviços	4.6	7.4, 8.2.3	A análise dos dados relativos à avaliação de fornecedores pode permitir a identificação de potenciais projectos Seis Sigma.	Avaliação de desempenho
		4.6	7.4	A avaliação de fornecedores de consumíveis críticos (películas radiográficas e líquidos de END) é feita através do cálculo do Nível Sigma.	Implementação e operação
Realização (comercial)	- Análise de consultas, propostas, contratos e adjudicações	4.4, 4.7, 5.4.2	7.2	Não aplicável.	
Realização (ensaio)	- Manuseamento e armazenamento de itens a ensaiar - Ensaio - Relatórios de ensaio	5.4, 5.8, 5.9	7.1, 7.5, 8.2.3, 8.2.4	A análise dos dados, registos e ocorrências decorrentes da monitorização dos ensaios e dos seus resultados pode permitir a identificação de potenciais projectos Seis Sigma.	Avaliação de desempenho

6.3.3.3. Direcção de Estratégia e Projectos Especiais (DEPE) – Integração com as normas ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001

Actualmente, o ISQ dispõe de um sistema integrado de gestão constituído por um conjunto de subsistemas de gestão, assentes em diferentes referenciais, destacando-se aqueles referentes às funções da Qualidade (ISO 9001), Ambiente (ISO 14001) e Segurança, Higiene e Saúde no Trabalho (OHSAS 18001 / NP 4397). O sistema integrado de gestão está ainda concebido para acomodar uma articulação eficaz com outros subsistemas de gestão que venham a ser adicionados, nomeadamente aqueles que se insiram nos domínios da Responsabilidade Social (SA 8000), Investigação, Desenvolvimento e Inovação (NP 4457) e Recursos Humanos (NP 4427).

O sistema integrado de gestão do ISQ é coordenado a partir da área de Qualidade, Ambiente e Segurança (QAS), inserida na DEPE, e desdobra-se operacionalmente através dos sistemas de gestão vigentes nas diversas Unidades de Negócio da organização, os quais podem incorporar referenciais específicos à sua actividade, nomeadamente as normas ISO/IEC 17020, ISO/IEC 17024 ou ISO/IEC 17025. As Políticas de gestão do ISQ nas matérias da Qualidade, Ambiente e SHST são superiormente definidas pelo Conselho de Administração. As Políticas das funções Ambiente e SHST são transversais à instituição, enquanto que uma Política da Qualidade é definida para cada Unidade de Negócio, atendendo às especificidades dos sectores em que actuam (figura 6.25).

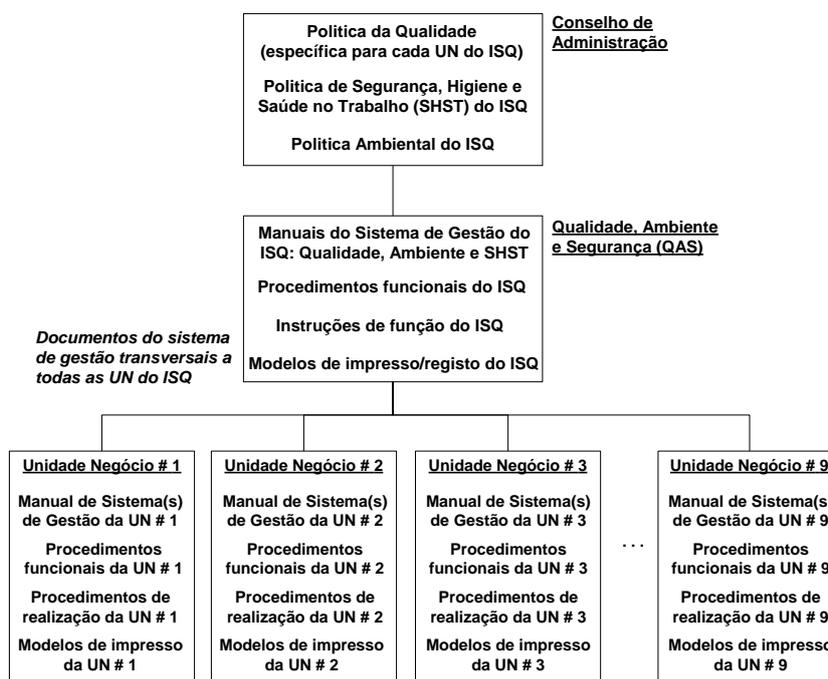


Figura 6.25 – Estrutura e âmbito dos documentos do(s) sistema(s) de gestão do ISQ e responsabilidades pela sua emissão.

A área de QAS elabora e/ou verifica os documentos do sistema integrado de gestão do ISQ. Por sua vez, cada uma das Unidades de Negócio, dado ter um sistema de gestão próprio, possui uma estrutura documental adaptada ao(s) referencial(ais) normativo(s) em que a mesma se encontra certificada e/ou acreditada. Os procedimentos funcionais do ISQ e das Unidades de Negócio definem

um conjunto de práticas que asseguram a articulação e coerência entre o sistema integrado de gestão do ISQ e os sistemas específicos de gestão.

O quadro 6.12 indica os procedimentos funcionais do ISQ e qual o seu enquadramento nos referenciais de gestão da qualidade (ISO 9001), ambiente (ISO 14001) e SHST (OHSAS 18001).

Quadro 6.12 – Enquadramento dos procedimentos funcionais do ISQ nas cláusulas dos referenciais ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001.

Procedimentos funcionais	Qualidade (ISO 9001)	Ambiente (ISO 14001)	SHST (OHSAS 18001)
Controlo de documentos e registos.	4.2.1, 4.2.2, 4.2.3, 4.2.4	4.4.4, 4.4.5, 4.5.4	4.4.4, 4.4.5, 4.5.4
Auditorias internas.	8.2.2	4.5.5	4.5.5
Formação Interna	6.1, 6.2.1, 6.2.2	4.4.1, 4.4.2	4.4.1, 4.4.2
Seleção e acolhimento de novos colaboradores.	6.1, 6.2.1, 6.2.2	4.4.1, 4.4.2	4.4.1, 4.4.2
Metodologia de identificação dos perigos, avaliação e controlo dos riscos.	6.3, 6.4	NA	4.1, 4.3.1, 4.4.3.1, 4.4.7, 4.5.1
Requisitos legais e outros requisitos.	7.2.1	4.3.2	4.3.2
Registo e investigação de incidentes.	NA	NA	4.5.1, 4.5.3.1
Gestão dos equipamentos de protecção individual.	NA	NA	4.3.1, 4.4.2, 4.4.6
Comunicação, participação e consulta.	5.5.3	4.4.3	4.4.3.1, 4.4.3.2
Medicina do trabalho.	NA	NA	4.3.1, 4.4.6
Equipamentos de protecção individual anti-queda	NA	NA	4.3.1, 4.4.2, 4.4.6
Revisão do Sistema de Gestão.	5.6.1, 5.6.2, 5.6.3	4.6	4.6
Identificação de aspectos e avaliação de impactos ambientais.	NA	4.1, 4.3.1, 4.4.3, 4.4.7, 4.5.1	NA

Esta terceira aplicação no ISQ, que decorreu entre Setembro de 2010 e Dezembro de 2011, visou o desenvolvimento de soluções para a futura implementação de um programa Seis Sigma na organização, através do estabelecimento de sinergias com o seu sistema integrado de gestão. As propostas que se encontram descritas ao longo dos parágrafos seguintes, até se encontrarem na sua versão definitiva, passaram por um processo evolutivo que se ficou a dever, entre outros factores:

- Ao progressivo desenvolvimento e implementação do sistema integrado de gestão, que na altura também decorria no ISQ.
- À publicação, em Setembro de 2011, das versões finais das partes 1 e 2 da norma internacional sobre Seis Sigma, a ISO 13053, cujos requisitos aí contidos também se pretendiam ver assegurados.

A realização desta aplicação assentou em três grande pilares, que se complementam mutuamente:

- 1) O Seis Sigma deve ser perspectivado como um subsistema de gestão que pode inserir-se no seio do sistema integrado do ISQ, sendo por isso possível estabelecer, através do ISO Guide 72, relações com os requisitos contidos nos demais referenciais de gestão que sejam adoptados pela organização.

- 2) O programa/sistema Seis Sigma deve ser coerente com os requisitos dos referenciais ISO 15053-1:2011 (ISO, 2011a) e ISO 15053-2:2011 (ISO, 2011b).
- 3) O ciclo de vida dos projectos Seis Sigma deve estar alinhado com o processo de melhoria contínua do sistema integrado de gestão do ISQ.

Para ajudar a concretizar o terceiro desses pilares, foi elaborado um novo procedimento do ISQ, intitulado “Projectos Seis Sigma”, que se propõe ser adicionado à lista dos actuais procedimentos funcionais que constam do quadro 6.12. Este procedimento, que pode ser consultado no apêndice XV.9, identifica ainda as relações existentes entre as actividades do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, aí descritas, e as cláusulas/subcláusulas de requisitos dos principais referenciais normativos de gestão que fazem, ou podem vir a fazer parte, do sistema integrado de gestão do ISQ. Além disso, estabelece também as relações com as cláusulas de ambas as partes da norma sobre Seis Sigma, a ISO 13053, contribuindo para sustentar o segundo dos pilares acima referidos.

Para a concretização do primeiro dos pilares referidos, e em coerência com o procedimento sobre “Projectos Seis Sigma”, propuseram-se sinergias para harmonizar as actividades e práticas previstas no sistema integrado de gestão do ISQ com aquelas a terem lugar no âmbito de um programa Seis Sigma. As sinergias foram organizadas em redor dos assuntos principais do ISO Guide 72, conforme se expõe com maior detalhe em seguida.

ISO Guide 72: assunto principal “Política”

Relativamente a este assunto principal, as acções propostas para implementar o programa Seis Sigma, articulando-o com o sistema integrado de gestão do ISQ, são as seguintes:

- Para que o programa Seis Sigma possa ser efectivamente implementado e mantido em toda a organização, recomenda-se que o Conselho de Administração, em cada um dos pelouros, comunique formalmente o seu comprometimento para com a iniciativa, salientando o contributo que a mesma pode ter para a melhoria contínua dos resultados do negócio, para a satisfação dos requisitos dos clientes e para o cumprimento dos requisitos legais, regulamentares, ambientais e de segurança. Sugere-se que esse comprometimento seja evidenciado através:
 - Das Políticas de Qualidade, Ambiente e SHST, ou num documento próprio, a definir, inserido no sistema integrado de gestão do ISQ.
 - Da nomeação do Champion para o programa Seis Sigma.
 - Da disponibilização da infraestrutura e dos recursos necessários ao sucesso do programa Seis Sigma
 - Da aprovação dos projectos Seis Sigma seleccionados pela área de QAS.
- Cláusulas: 5.1, 5.3 (ISO 9001); 4.2, 4.4.1 (ISO 14001); 4.2, 4.4.1 (OHSAS 18001).
- É igualmente relevante que cada Director de Unidade de Negócio também demonstre o seu comprometimento e envolvimento na iniciativa Seis Sigma, através:
 - Da identificação, priorização de proposta de potenciais projectos Seis Sigma.
 - Do acompanhamento da progressão dos projectos Seis Sigma realizados na sua Unidade de Negócios, actuando como facilitador e removedor de barreiras.

- Da participação nas revisões intermédias dos projectos Seis Sigma realizados na sua Unidade de Negócios.

➤ Cláusulas: 5.1 (ISO 9001); 4.4.1 (ISO 14001); 4.4.1 (OHSAS 18001).

ISO Guide 72: assunto principal “Planeamento”

As sinergias propostas, em relação a este assunto principal, são as seguintes:

- A coordenação do sistema integrado de gestão é feita pela área de QAS, pelo que se recomenda que o programa Seis Sigma seja coordenado a partir desta área.

➤ Cláusulas: 5.5.2 (ISO 9001); 4.4.1 (ISO 14001); 4.4.1 (OHSAS 18001).

- O representante do Conselho de Administração para o sistema integrado de gestão é o Director da área de QAS, pelo que é aconselhável que a função de Champion do programa Seis Sigma seja exercida pela mesma pessoa.

➤ Cláusulas: 5.5.2 (ISO 9001); 4.4.1 (ISO 14001); 4.4.1 (OHSAS 18001).

- Propõe-se que a estrutura humana do programa Seis Sigma do ISQ seja aquela representada na figura 6.26, que está muito em linha com a organização do sistema integrado de gestão; os principais papéis e responsabilidades das funções dessa estrutura são os seguintes:

- *Champion*: Elemento da gestão de topo, nomeado pelo Conselho de Administração, cuja principal missão é a de assegurar que o programa Seis Sigma, nomeadamente os projectos desenvolvidos, concorre para a melhoria dos resultados do ISQ e do seu sistema integrado de gestão. Compete ao *Champion* a selecção dos melhores projectos Seis Sigma para o ISQ e assegurar uma adequada articulação do programa Seis Sigma com o sistema integrado de gestão da organização.
- *Sponsor*: Função atribuída ao Directores das Unidades de Negócio e das Direcções ou Departamentos de carácter transversal ou centralizado. Compete a cada *Sponsor*, na sua esfera de responsabilidades, identificar, priorizar e propor potenciais projectos Seis Sigma, bem como assegurar as condições e recursos que potenciem o sucesso dos projectos que se desenrolem na(s) sua(s) área de intervenção.
- *Black Belt*: Líder técnico de projectos Seis Sigma que incidam em mais do que uma Direcção/Departamento e de projectos que decorram de acordo com uma abordagem de DFSS. Em projectos que incidam numa determinada Direcção/Departamento, é responsável por coordenar tecnicamente os *Green Belt* desses projectos.
- *Green Belt*: Líder técnico de projectos Seis Sigma cujo âmbito incida numa determinada Direcção ou Departamento.
- *Membros de equipa de projecto*: Pessoas que, pelo seu conhecimento e/ou funções desempenhadas no seio da organização, são designadas para fazer parte da equipa de um determinado projecto Seis Sigma. As equipas de projecto podem ser constituídas por pessoas de várias áreas da organização (tipicamente em projectos transversais) ou por elementos de uma mesma área (tipicamente em projectos de Direcção).

➤ Cláusulas: 5.5.1 (ISO 9001); 4.4.1 (ISO 14001); 4.4.1 (OHSAS 18001).

- Dada a importância de assegurar coerência entre os objectivos estabelecidos para o sistema de gestão (do ISQ e, quando aplicável, do sistema de gestão de uma Unidade de Negócio) e os objectivos definidos para cada projecto Seis Sigma, são sugeridas as seguintes medidas:
 - No procedimento funcional proposto sobre “Projectos Seis Sigma” (ver apêndice XV.9) incluiu-se, na secção sobre o planeamento de projectos Seis Sigma o seguinte: “os objectivos de cada projecto Seis Sigma são estabelecidos em coerência com os objectivos do sistema de gestão”.
 - O campo da Declaração de Projecto referente aos objectivos do projecto Seis Sigma deverá incluir a seguinte nota: “definir objectivos para projecto Seis Sigma em coerência com os objectivos do sistema de gestão”.
- Cláusulas: 5.4.1 (ISO 9001); 4.3.3 (ISO 14001); 4.3.3 (OHSAS 18001).
- Recomenda-se que o ISQ e suas Unidades de Negócio utilizem os resultados dos projectos Seis Sigma para aumentar a sua compreensão sobre as necessidades e expectativas dos clientes, utilizando esta informação no planeamento do seu sistema de gestão.
 - Cláusulas: 5.2, 5.4.2, 7.2.1 (ISO 9001); 4.3.2, 4.3.3 (ISO 14001); 4.3.2, 4.3.3 (OHSAS 18001).

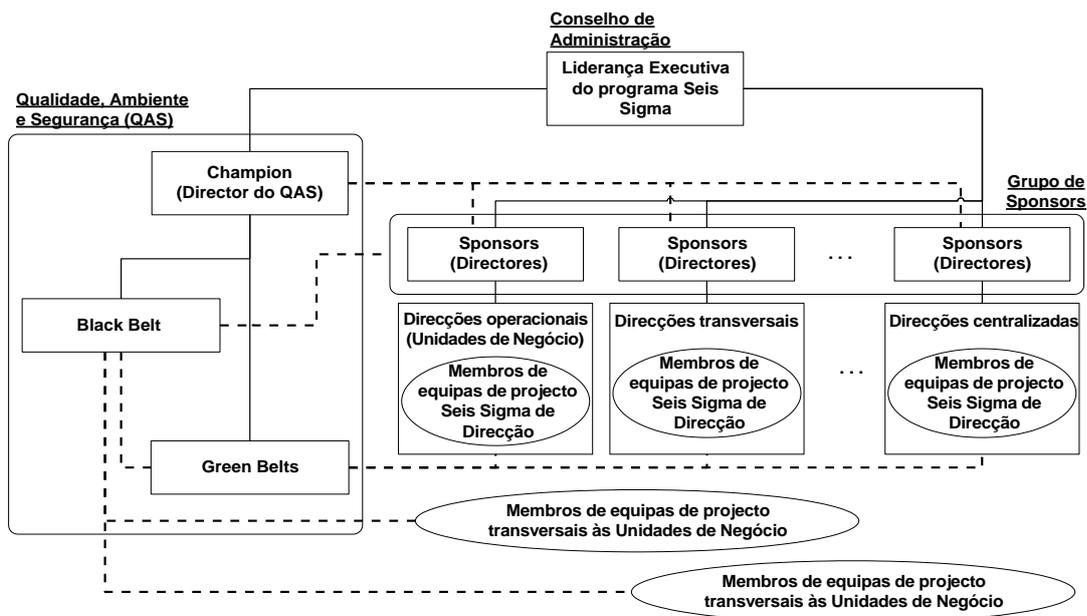


Figura 6.26 – Estrutura humana proposta para o programa Seis Sigma do ISQ.

ISO Guide 72: assunto principal “Implementação e operação”

As acções tendentes à implementação de um programa Seis Sigma e à sua integração com o sistema integrado de gestão do ISQ, relativamente a este assunto principal, são as seguintes:

- Recomenda-se a disponibilização de *software*, aos elementos que podem liderar tecnicamente um projecto Seis Sigma, que viabilize a fácil e rápida análise de dados. Uma vez que na formação, ministrada em Setembro de 2010 aos potenciais *Green Belt*, foi intensivamente utilizada a aplicação Minitab, aconselha-se que a opção recaia sobre esta solução de *software*, dada a familiaridade das pessoas com a mesma.

- Cláusulas: 6.1, 6.3 (ISO 9001); 4.4.1 (ISO 14001); 4.4.1 (OHSAS 18001).
- Sendo o ISQ uma importante organização do panorama nacional em actividades de investigação e desenvolvimento, sugere-se que a organização aproveite o conhecimento em torno da abordagem de DFSS, aplicando-a em projectos de concepção e desenvolvimento.
- Cláusulas: 7.3 (ISO 9001); 4.4.6 (ISO 14001); 4.4.6 (OHSAS 18001).
- Na implementação do programa Seis Sigma, recomenda-se que o ISQ especifique os níveis de competência requeridos para cada uma das funções da estrutura humana (figura 6.26), devendo estes estar de acordo com os requisitos na secção 8 da norma ISO 13053-1:2011.
- Cláusulas: 6.2 (ISO 9001); 4.4.2 (ISO 14001); 4.4.2 (OHSAS 18001).
- Propõe-se que seja realizada a identificação e satisfação de necessidades de formação relativas à temática do Seis Sigma, aproveitando o conteúdo do procedimento funcional do sistema de gestão do ISQ sobre “Formação interna”.
- Cláusulas: 6.2 (ISO 9001); 4.4.2 (ISO 14001); 4.4.2 (OHSAS 18001).
- Sugere-se a utilização do procedimento funcional do sistema de gestão do ISQ, relativo ao “Controlo de documentos e registos”, para apoiar a gestão documental necessária durante as actividades de identificação, priorização, avaliação, selecção, planeamento, realização e encerramento de projectos Seis Sigma.
- Cláusulas: 4.2.3, 4.2.4 (ISO 9001); 4.4.5, 4.5.4 (ISO 14001); 4.4.5, 4.5.4 (OHSAS 18001).

ISO Guide 72: assunto principal “Avaliação de desempenho”

As sinergias propostas para este assunto principal são as seguintes:

- As actividades de medição e monitorização do desempenho, previstas no sistema integrado de gestão do ISQ e nos sistemas específicos de gestão das Unidades de Negócio, permitem recolher dados que, após análise, devem permitir a detecção de oportunidades de melhoria e/ou inovação, a partir das quais potenciais projectos Seis Sigma podem ser identificados.
- Cláusulas: 8.1, 8.2, 8.4 (ISO 9001); 4.5.1 (ISO 14001); 4.5.1 (OHSAS 18001).
- Os dados relativos a não conformidades (inconformidades na prestação de serviços, não cumprimento de requisitos legais, incluindo os ambientais e de segurança e saúde no trabalho, etc.), acidentes e outras ocorrências negativas detectadas, em resultados das actividades de avaliação da conformidade, previstas no sistema integrado do ISQ e nos sistemas específicos de gestão das Unidades de Negócio, devem permitir a detecção de oportunidades de melhoria e/ou inovação, a partir das quais potenciais projectos Seis Sigma podem ser identificados.
- Cláusulas: 8.3, 8.4 (ISO 9001); 4.5.2, 4.5.3. (ISO 14001); 4.5.2, 4.5.3 (OHSAS 18001).

ISO Guide 72: assunto principal “Melhoria”

A nível deste assunto principal, as sinergias propostas para integrar o programa Seis Sigma com o sistema integrado de gestão do ISQ são as seguintes:

- Recomenda-se que os projectos Seis Sigma que o ISQ decida seleccionar tenham o potencial de contribuir para a melhoria contínua do sistema integrado de gestão da organização e/ou do sistema de gestão de uma ou mais das suas Unidades de Negócio.
 - Cláusulas: 8.5.1 (ISO 9001); 4.2, 4.6 (ISO 14001); 4.2, 4.6 (OHSAS 18001).
- Sugere-se também que se fomente, a nível de todo o ISQ, a utilização articulada de técnicas e ferramentas para aumentar o rigor no tratamento de não conformidades e de potenciais não conformidades.
 - Cláusulas: 8.5.2, 8.5.3 (ISO 9001); 4.5.3 (ISO 14001); 4.5.3.2 (OHSAS 18001).

ISO Guide 72: assunto principal “Revisão pela gestão”

Relativamente ao assunto principal “Revisão pela gestão”, as sinergias sugeridas são as seguintes:

- Conforme descrito em detalhe no procedimento funcional proposto sobre “Projectos Seis Sigma” (ver apêndice XV.9), recomenda-se que o processo de revisão do sistema de gestão, que ocorre em dois ciclos anuais, interaja de forma próxima com o programa Seis Sigma, nomeadamente na selecção dos projectos Seis Sigma a realizar, no seguimento das decisões de melhoria do sistema de gestão do ISQ.
 - Cláusulas: 5.6 (ISO 9001); 4.6 (ISO 14001); 4.6 (OHSAS 18001).

6.4. Conclusões

6.4.1. Conclusões do caso de aplicação na STML – Engenharia de Manutenção, Lda.

As conclusões relativas ao caso de aplicação efectuado na STML encontram-se organizadas em torno dos três períodos temporais em que a aplicação ocorreu: (1) pré-integração; (2) integração; (3) operacionalização da integração.

Pré-integração

Neste período, que decorreu em 2006, procedeu-se ao desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão da qualidade na empresa, certificado no final desse ano, em que se adoptou um conjunto de procedimentos assentes nalgumas das melhores práticas da abordagem Seis Sigma, e em que se incorporaram alguns mecanismos visando uma futura integração entre os requisitos da norma ISO 9001 e as actividades decorrentes de um programa/sistema Seis Sigma. As principais conclusões que podem ser retiradas desta fase temporal do caso de aplicação, descrita na subsecção 6.2.3.1, e dos resultados nela obtidos podem resumir-se do seguinte modo:

- Foi possível, sem nunca comprometer a concretização do objectivo da certificação, planear e implementar um SGQ na STML que incluísse algumas das melhores práticas oriundas ou usadas na abordagem Seis Sigma.

- Conseguiu-se obter um processo sistemático, conducente à identificação, selecção, planeamento, realização e conclusão de projectos de melhoria contínua e de C&D, através da articulação de um conjunto de actividades e procedimentos no seio do SGQ que assumem grande importância no referencial ISO 9001, como são exemplo a revisão pela gestão e as actividades de monitorização, medição e análise.
- A adopção do mapa DMAIC para efectuar o tratamento de não conformidades e de potenciais não conformidades, para além de servir de método de referência na realização de projectos de melhoria contínua, permitiu uma sistematização e uniformização das práticas de melhoria contínua na empresa.
- Apesar de não ter sido desenvolvido nenhum projecto de melhoria contínua nem de C&D, entre 2006 e 2009, foi importante verificar no SGQ da STML um procedimento relativo ao planeamento, realização e conclusão de "projectos de melhoria contínua" (PS-08-05) e um processo de "concepção e desenvolvimento" (SIPOC-O-01), preparando-o para contemplar a realização de projectos Seis Sigma DMAIC e de DFSS.

Integração

Em 2009 iniciou-se a implementação-piloto do programa Seis Sigma, em paralelo com a revisão do SGQ. O objectivo desta estratégia foi o de empreender essas duas actividades de forma articulada, utilizando a estrutura do ISO Guide 72 e as propostas constantes da secção 4.3.2 do capítulo 4 para proceder à integração entre as duas abordagens. As principais conclusões a retirar do período de integração, descrito na subsecção 6.2.3.2, e dos resultados aí obtidos, são as seguintes:

- A capacidade de articular os requisitos do referencial ISO 9001 com as actividades previstas decorrerem no âmbito do programa Seis Sigma foi bastante alavancada pelo facto de a abordagem Seis Sigma ter sempre sido perspectivada numa óptica de sistema de gestão.
- A estratégia de integração, apoiada na estrutura do ISO Guide 72, revelou ser eficiente, pois permitiu que a integração se efectuasse sem que, para tal, fosse necessário criar novos documentos ou modelos de registos.
- Embora não tivesse sido preciso elaborar nova documentação, alguns dos processos, procedimentos do sistema e modelos de registo existentes tiveram que ser revistos. Em alguns casos (e.g. procedimento sobre "projectos de melhoria contínua" e processo de "concepção e desenvolvimento"), a revisão consistiu apenas em pequenas alterações de terminologia, para que o interface com as actividades do programa Seis Sigma se processasse mais eficazmente; noutros casos (e.g. procedimentos de "avaliação e qualificação de fornecedores e subcontratados" e de "auditorias internas"), a revisão requereu alterações mais profundas devido à introdução de requisitos ou mecanismos relacionados com o programa Seis Sigma.
- Através da revisão do procedimento relativo à "avaliação e qualificação de fornecedores e subcontratados", com a referência PS-07-01, passou a ser possível avaliar os fornecedores de materiais e de equipamentos com base no cálculo do Nível Sigma, que mede, neste caso, a capacidade de cada fornecedor conseguir cumprir os requisitos críticos das encomendas. O

cálculo do Nível Sigma, passou também a ser possível com a inclusão de árvores de CTQCs em todas as instruções de trabalho, uma vez que deste modo ficaram estabelecidas as oportunidades para defeito, permitindo assim determinar o número de *DPMO* e, a partir deste, o Nível Sigma.

- Ficou demonstrada a viabilidade de articular a estrutura funcional da STML com a estrutura humana associada ao programa Seis Sigma. Apesar deste facto, constatou-se também que a ausência de um *Black Belt* interno era uma limitação à operacionalização do programa Seis Sigma, dada a dificuldade em prosseguir com a realização contínua de projectos Seis Sigma. Para tentar obviar este problema, foi decidido formar e mentorar uma pessoa do Departamento da Qualidade, tendo em vista a obtenção de um reconhecimento ao nível de *Green Belt* que lhe permitisse liderar tecnicamente a execução de projectos Seis Sigma e que, futuramente, pudesse ascender a um reconhecimento ao nível de *Black Belt*.
- Um dos principais obstáculos constatados na implementação-piloto do programa Seis Sigma está relacionado com alguma dificuldade, por parte dos quadros com responsabilidades de gestão da empresa, em recorrerem à utilização de técnicas e ferramentas da qualidade para a tomada de decisões. Este problema derivou do facto de tal procedimento nunca ter sido uma prática comum na empresa, mesmo após a implementação do SGQ baseado no referencial ISO 9001. Dada a relevância que as técnicas e ferramentas desempenham no apoio à detecção de oportunidades de melhoria e/ou inovação e à identificação, selecção e realização de projectos Seis Sigma, decidiu-se que os *Sponsors* e o *Champion* do programa Seis Sigma iriam receber formação sobre ferramentas da qualidade, tanto as básicas como as de planeamento e gestão.
- O âmbito das auditorias internas foi alargado, passando também a abranger a realização de auditorias combinadas (auditoria conjunta ao SGQ baseado na ISO 9001 e ao programa Seis Sigma) e auditorias a projectos Seis Sigma em fase de pós-projecto. Este alargamento possibilitou que se pudesse proceder a uma avaliação, independente e periódica, às actividades desempenhadas no seio do programa Seis Sigma e ao modo como estas interagem com cada cláusula da norma ISO 9001, permitindo detectar desvios, ou não conformidades, relativamente ao planeado.
- Concluiu-se que, para já, seria preferível não contemplar auditorias internas de sistema ao programa Seis Sigma. Por detrás desta decisão estiveram os seguintes motivos: (1) a dificuldade em seleccionar auditor coordenador que satisfizesse, simultaneamente, os requisitos de competência na temática do Seis Sigma e os de independência relativamente ao programa Seis Sigma implementado; (2) o maior interesse de avaliação incidia no sistema global, ou seja, na integração entre o SGQ assente na ISO 9001 e o programa Seis Sigma; (3) a auditoria combinada, cujos pontos a verificar na auditoria constam do modelo de registo STML-011, permitia, por si só, aferir sobre a conformidade das principais actividades previstas decorrerem no programa Seis Sigma.
- O suporte e comprometimento da gestão de topo da STML revelaram-se decisivos para que se conseguisse realizar a implementação-piloto do programa Seis Sigma e se procedesse a uma revisão do SGQ visando a integração das duas iniciativas.

Operacionalização da integração

No início de 2010, na sequência da fase anterior, iniciou-se a operacionalização do programa Seis Sigma, que teve como principal objectivo o de se conseguir efectuar com êxito a totalidade das etapas do ciclo de vida do projectos Seis Sigma, desde a identificação de potenciais projectos até à realização e encerramento do projecto seleccionado. em paralelo com a revisão do SGQ. As principais conclusões retiradas deste período, descrito na subsecção 6.2.3.3, e dos resultados obtidos, são as seguintes:

- A articulação prevista entre os processos e procedimentos do SGQ, nomeadamente entre o processo de “planeamento, melhoria e controlo do sistema de gestão da qualidade” (SIPOC-G-01) e os procedimentos de “revisão periódica do SGQ” (PS-05-01) e de “projectos de melhoria contínua” (PS-08-05), demonstrou funcionar bem, pois foi possível, sem grandes dificuldades, percorrer todas as etapas do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma: identificação de possíveis projectos, avaliação desse leque alternativo de projectos, selecção do melhor dos projectos resultante da avaliação, planeamento, realização e conclusão do projecto seleccionado e fase de pós-projecto.
- A partir da realização do projecto Seis Sigma, foi possível definir os KPIs para medir o desempenho da gestão de *stocks*, um subprocesso organizacional que se interliga com os processos do SGQ de “realização do serviço” (SIPOC-O-03) e de “compras” (SIPOC-S-02), As melhorias verificadas nesses KPIs, entre outros benefícios, tiveram um impacto positivo nesses processos do SGQ, nomeadamente a nível do planeamento dos trabalhos.
- Para além de ter sido importante constatar que o projecto Seis Sigma contribuiu para a melhoria contínua do SGQ da STML, foi igualmente relevante que se tivesse concluído com êxito aquele que foi o primeiro projecto Seis Sigma na empresa, como forma de demonstrar a viabilidade e as vantagens do programa Seis Sigma.
- Reflectindo sobre o trajecto do projecto Seis Sigma, crê-se claramente que a sua realização atempada se fica muito a dever a dois factores: (1) ter sido tecnicamente liderado por alguém com formação ao nível de *Black Belt* e com experiência na realização de outros projectos; (2) ter havido disponibilidade de tempo por parte de todos os intervenientes no projecto.

6.4.2. Conclusões do caso de aplicação no Instituto de Soldadura e Qualidade

Nesta subsecção, apresentam-se as principais conclusões relativas ao caso de estudo do ISQ, com base na análise e discussão dos resultados obtidos. As conclusões, estão organizadas em torno das três aplicações descritas ao longo da subsecção anterior: (1) Unidade de Negócios GÁS; (2) Unidade de Negócios CND; (3) Direcção de Estratégia e Projectos Especiais.

Unidade de Negócios Gás, Águas e Saneamento (GÁS)

Encetou-se uma iniciativa que procurou desenvolver um programa Seis Sigma que pudesse ser incorporado no sistema da qualidade, assente no referencial ISO/IEC 17020, desta Unidade de

Negócio. Os resultados obtidos e as principais conclusões que daí se podem derivar são seguidamente enunciadas:

- Foi possível enquadrar a utilização dos procedimentos do sistema de gestão da área GÁS no programa Seis Sigma que se pretendia implementar, nomeadamente nas actividades intrínsecas ao ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.
- Confirmou-se a utilidade da estrutura fornecida pelo ISO Guide 72 para estabelecer as relações entre as cláusulas/subcláusulas de requisitos da norma de referência, neste caso a ISO/IEC 17020, e as actividades subjacentes ao programa Seis Sigma.
- Confirmou-se também a aplicabilidade prática de usar o ISO Guide 72 como elo integrador entre um sistema/programa Seis Sigma e um sistema de gestão baseado noutro referencial normativo, que não norma ISO 9001.
- Conseguiu-se proceder à operacionalização do programa Seis Sigma, que culminou com a realização de um projecto orientado para a redução de erros nos relatórios de inspecção e aumento da uniformidade no preenchimento do mesmo, por parte dos diferentes inspectores.
- A realização desta aplicação também possibilitou a detecção de alguns obstáculos; os mais significativos têm a ver com as limitações de tempo, por parte de alguns dos sectores técnicos da Unidade de Negócio GÁS, que não lhes permitiu envolverem-se mais activamente na implementação e operacionalização do programa Seis Sigma. Alguma dificuldade em compreender o papel do Seis Sigma no seio do sistema de gestão e uma certa percepção de que as actividades relacionadas com a Qualidade se prendem apenas com exigências para a acreditação da Unidade de Negócios, podem justificar essa postura.

Unidade de Negócios de Controlo Não Destrutivo (CND)

Com esta aplicação, pretendeu-se delinear estratégias conducentes à eventual criação de um programa Seis Sigma nesta Unidade de Negócios que, sendo integrado no seu sistema de gestão, pudesse contribuir para a melhoria contínua do mesmo. As principais conclusões retiradas da realização deste caso são as seguintes:

- Demonstrou-se ser possível, através da estrutura disponibilizada pelo ISO Guide 72, planear a integração de um programa Seis Sigma num sistema de gestão existente que se encontre baseado nos requisitos de mais do que um referencial normativo de gestão, neste caso nas normas ISO 9001 e ISO/IEC 17025.
- Pese o facto de não se ter conseguido proceder à realização de qualquer projecto Seis Sigma, a participação das pessoas no processo de identificação de potenciais projectos, revelou que a iniciativa pode estimular o envolvimento das pessoas nos esforços de melhoria dos processos internos e da qualidade dos serviços prestados pela Unidade de Negócio.

Direcção de Estratégia e Projectos Especiais (DEPE)

Esta aplicação ocorreu nos anos de 2010 e 2011, já após um processo de reorganização interna que teve lugar em 2006. Uma parte desse horizonte temporal coincidiu com a implementação de um

sistema integrado de gestão no ISQ, abrangendo as funções de Qualidade (ISO 9001), Ambiente (ISO 14001) e Segurança e Saúde do Trabalho (OHSAS 18001). Coincidiu também com a publicação, já em Setembro de 2011, das duas partes que constituem a norma internacional sobre Seis Sigma, a ISO 13053. Essas duas coincidências de calendário implicaram que as propostas, visando o desenvolvimento e implementação de um programa Seis Sigma e integração deste no sistema de gestão da organização, assumissem uma natureza evolutiva até se encontrarem na sua versão final. As principais ilações que se podem retirar desta aplicação, e dos seus resultados, são as seguintes:

- Novamente, ficou patente a utilidade do ISO Guide 72 para estabelecer as relações e sinergias entre as cláusulas de requisitos contidos em diferentes referenciais normativos de gestão (neste caso as normas ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001) e as melhores práticas associadas a um programa Seis Sigma.
- As propostas de integração mostram que a complexidade introduzida no sistema de gestão do ISQ, decorrente da integração de um programa Seis Sigma, é mínima, uma vez que se prevê apenas ser necessário adicionar um novo e único procedimento funcional à lista actualmente existente; as outras alterações julgadas necessárias, ao nível documental, passam por rever alguns procedimentos funcionais existentes, principalmente a “Revisão do sistema de gestão” (para a selecção de projectos Seis Sigma), de “Auditorias internas” (por causa das auditorias a projectos Seis Sigma que tenham sido finalizados) e de “Formação interna” (devido aos requisitos de competências para as funções da estrutura humana do programa Seis Sigma), por forma a materializar, na prática, as sinergias que foram propostas entre o Seis Sigma e o sistema de gestão do ISQ.
- Foi possível conceber e enquadrar, coerente e consistentemente, a estrutura humana sugerida para o programa Seis Sigma com a organização funcional que se encontra em vigor no ISQ, o que previsivelmente facilitará a inserção do programa no seio do sistema de gestão da organização.
- Esta aplicação permitiu igualmente detectar um conjunto de barreiras e dificuldades à existência de um programa Seis Sigma em todo o ISQ e à sua integração no sistema de gestão; desde logo, alguma dificuldade, por parte de algumas funções organizacionais em perspectivar uma visão de sistema onde o papel desempenhado pelo Seis Sigma seja claro e evidente; em segundo lugar, a formação ao nível de Green Belt que foi ministrada em Setembro de 2010 e os projectos que se tentaram realizar em todas as Unidades de Negócio, revelaram algumas dificuldades em aplicar o mapa de melhoria DMAIC e, para além disso, em aplicar articuladamente um conjunto de técnicas e ferramentas que facilitarão a execução de tais projectos; finalmente, as restrições de disponibilidade de tempo para uma dedicação ao planeamento e realização de projectos, que provavelmente só se resolverão através da definição e esclarecimento das prioridades, em termos da afectação de tempo e de recursos que viabilizem a realização de projectos Seis Sigma de modo a que estes possam contribuir para a melhoria contínua do sistema de gestão e dos resultados organizacionais em cada Unidade de Negócio.

CAPÍTULO 7

Casos de aplicação: Metodologia de DFSS

7.1. Introdução

Este capítulo descreve dois casos de aplicação, em contexto empresarial, do modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma proposto na secção 5.3 do capítulo 5, particularmente da metodologia de DFSS baseada no mapa IDOV, que é parte integrante da quarta fase desse modelo. Essa metodologia de DFSS, aplicável a projectos de inovação radical e de inovação substancial, foi proposta na secção 5.4 do mesmo capítulo. O mapa DMA(DV)C, que não é o enfoque desta tese, é mais adequado em situações de inovação incremental e deriva, muitas vezes, de projectos Seis Sigma de melhoria contínua, assentes no DMAIC. Ambas as aplicações posicionam-se, relativamente à dimensão maturidade, na categoria de inovação substancial, mas enquadram-se em diferentes categorias das dimensões morfologia e variedade. Os resultados destas aplicações, em organizações de sectores de actividades diferentes, são apresentados, analisados, discutidos e as principais conclusões retiradas. Os contextos destas aplicações encontram-se descritos no quadro 7.1.

Quadro 7.1 – Enquadramento dos casos de aplicação relativamente aos factores morfologia maturidade e variedade, tendo em vista a utilização da metodologia de DFSS baseada no IDOV.

Organização	Sistema de Interesse	Morfologia	Maturidade	Variedade
TNT Portugal	Serviço de transporte e logística para eventos e campanhas	Produto do tipo serviço	Inovação substancial	Temporal
Sapa Building System Portugal	Sistema de caixilharia de tipo batente	Produto do tipo <i>hardware</i>	Inovação substancial	Espacial

7.2. Caso de aplicação 3: TNT Portugal

7.2.1. A empresa

A TNT Express Worldwide Express Logistics & Mail é a maior companhia europeia de distribuição e uma das líderes mundiais na sua especialidade. De origem holandesa, está presente em 65 países, sendo que as suas actividades de negócio cobrem mais de 200 países. A TNT iniciou actividade em

Portugal em Novembro de 1994, nessa altura com plataformas logísticas, conhecidas pelo termo “DEPOT”, junto aos aeroportos de Lisboa e do Porto, e um total de 33 colaboradores. Actualmente, com o seu *head-office* situado no Parque das Nações, o número de DEPOTs cresceu para seis.



Figura 7.1 – Logótipo da TNT Express Portugal.

A TNT Portugal tem implementado um sistema integrado de gestão no transporte expresso de mercadorias, operações de logística e correio expresso global, cumprindo os requisitos das normas ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 e SA 8000. Detém a certificação *Investors in People*, um reconhecimento relativo à adopção das melhores práticas na gestão e desenvolvimento dos seus recursos humanos. Tem vindo igualmente a trabalhar em torno da implementação de um sistema de gestão da investigação, desenvolvimento e inovação (IDI), com base na norma NP 4457. Possui também uma experiência acumulada, ao longo de cerca de uma década, na utilização do Modelo de Excelência da EFQM, e, desde 2007, na realização de projectos Seis Sigma, apoiados no ciclo DMAIC. A constante jornada no caminho da qualidade e excelência da TNT Portugal, tem resultado em inúmeros prémios e galardões, a nível nacional e internacional (ver apêndice XX.1).

A TNT Portugal fornece um alargado e completo portefólio de soluções, assegurando sempre os melhores níveis de serviço, fiabilidade e segurança do mercado. Os serviços prestados pela TNT Portugal dividem-se em dois grandes grupos: (1) serviços de transporte normalizados; (2) serviços especiais. Relativamente aos primeiros, estes podem ser de carácter doméstico (recolha e entrega em território nacional) ou internacional (recolha em Portugal e entrega num país estrangeiro). No apêndice XX.2 descrevem-se em detalhe os múltiplos serviços prestados pela TNT.

7.2.2. Enquadramento do caso de aplicação

Este caso de aplicação envolveu a concepção e desenvolvimento, através de uma abordagem de DFSS, de um novo tipo de serviço de transportes e de logística complementar, dirigido para os mercados de eventos e de campanhas de *marketing*. Este projecto de DFSS, consumado através do mapa IDOV, foi previamente identificado, seleccionado e planeado através do modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma. Os principais objectivos que nortearam a realização do projecto foram os seguintes:

- Identificar oportunidades de inovação, conducentes à detecção de potenciais projectos de DFSS a realizar na TNT Portugal, aplicando, para tal, o processo contido na primeira fase do modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, sugerido na secção 5.3 da tese.
- Seleccionar e contextualizar o projecto de DFSS mais promissor, seguindo para tal o processo inscrito na fase 2 do mesmo modelo.

- Planear e realizar o projecto de DFSS seleccionado, através da metodologia proposta na secção 5.4 desta tese, assente no mapa IDOV (*Identify, Design, Optimise, Validate*).
- Testar a aplicação da metodologia de DFSS a um sistema de interesse de morfologia mais intangível (serviço) e num contexto de variedade temporal.
- Verificar a eficácia e a aplicabilidade prática do modelo de gestão do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma e da metodologia de DFSS referidos.

7.2.3. Realização do caso de aplicação

Este caso de aplicação arrancou no ano de 2007, tendo a gestão de topo da TNT Portugal, desde o início, revelado interesse em que fosse desenvolvido um projecto de DFSS na área dos serviços especiais prestados pela empresa. A realização deste caso de aplicação, descrito ao longo das próximas subsecções, foi orientado pelas sequências de fases que constituem o modelo de gestão de ciclo de vida de projectos Seis Sigma, apresentado na secção 5.3 do capítulo 5.

7.2.3.1. Identificação e proposta de potenciais projectos de DFSS

Dada a preferência da TNT Portugal pela realização de um projecto de DFSS, o que se enquadra no âmbito desta tese, a detecção de oportunidades centrou-se na componente inovativa. A figura 7.2 esquematiza o processo que foi seguido até à identificação da lista de potenciais projectos de DFSS que poderiam ter interesse para a empresa. Conforme se observa, o processo é coerente com a primeira fase do modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, representado na figura 5.12 do capítulo 5.

Com o apoio da Direcção de Marketing & Vendas da TNT Portugal, que disponibilizou os dados sobre a evolução temporal do volume de vendas dos principais tipos de serviços prestados pela empresa, foi possível efectuar uma análise ao ciclo de vida, com base na curva “S” (figura 7.3). Da análise desta, pôde concluir-se que as áreas de B2C (*Business to Customer*) e de Serviços Especiais (incluindo o *Time Critical*) eram aqueles que tinham maior potencial de crescimento.

Com base na conclusão anterior, procurou-se que a recolha de dados, provenientes das outras fontes indicadas na figura 7.2, incidisse sobre as duas áreas mencionadas. Os dados obtidos, através das entrevistas presenciais internas e na sessão de *brainstorming* com o pessoal das vendas, foram tratados e analisados através de uma tabela VOC similar àquela representada no quadro 5.5 do capítulo 5. As oportunidades de inovação foram primeiramente refinadas e depois organizadas através de um diagrama de afinidades. O detalhe do processo indicado na parte central do esquema da figura 7.2, assim como a aplicação da tabela de VOC e do diagrama de afinidades, encontram-se disponíveis para consulta no apêndice XX.3 desta tese. No desenrolar deste processo, identificaram-se ainda vários requisitos dos clientes para os serviços prestados pela TNT e diversas oportunidades de melhoria, tendo todos sido registados para eventual uso futuro.

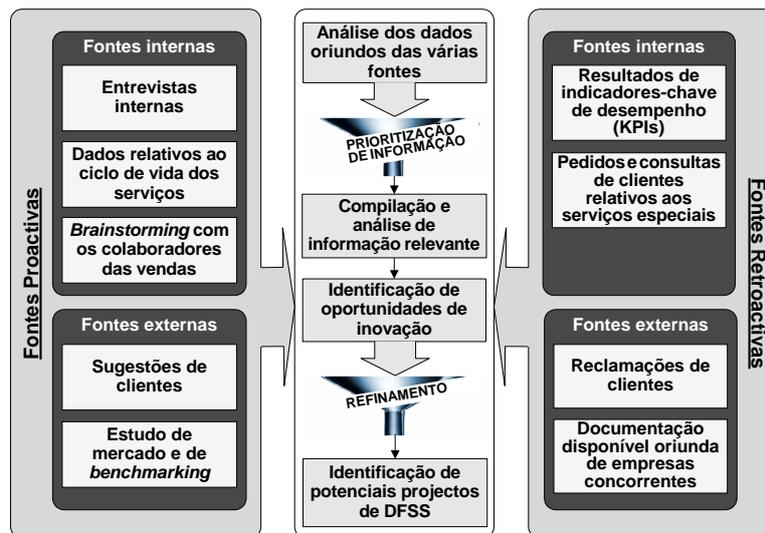


Figura 7.2 – Método para a identificação de potenciais projectos de DFSS, seguido no caso de aplicação realizado na TNT Portugal.

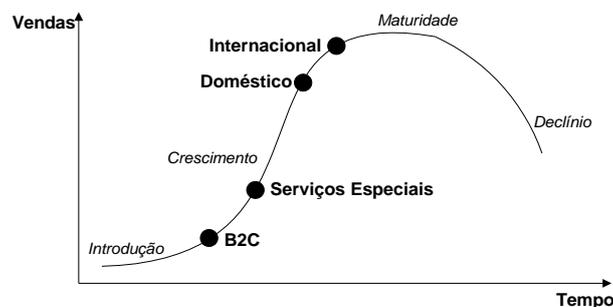


Figura 7.3 – Análise do ciclo de vida dos principais grupos de serviços prestados pela TNT Portugal, através da Curva "S" (fonte: Direcção de Marketing & Vendas da TNT Portugal).

Os potenciais projectos de DFSS que foram identificados, a partir das oportunidades de inovação consideradas mais promissoras, incidiram sobre o desenvolvimento dos seguintes serviços:

- Serviço de B2C focalizado na entrega de artigos aos consumidores, comprados pela *Internet*.
- Serviço especializado no transporte de artigos de moda e vestuário (serviço de pendurados).
- Serviço especializado no transporte de produto de frio.
- Serviço especializado no transporte e na realização de outras actividades logísticas, relacionados com a organização de eventos (feiras, espectáculos, exposições, etc.).
- Serviço de valor acrescentado, associado ao sector de *security shipment*, com soluções à medida a nível de sistemas de informação e *tracking*.
- Serviço especializado em soluções de transporte e logística de apoio a campanhas publicitárias, acções de *marketing* e *merchandising*.
- Serviço com enfoque nos mercados fronteiriços, em parceria com agentes locais.
- Serviço especializado no arquivo e gestão documental.
- Serviço crítico em tempo (*Sameday*), com o objectivo de reconcepção de algumas das soluções actualmente disponibilizadas.

7.2.3.2. Selecção do melhor projecto de DFSS

Cada um dos potenciais projectos Seis Sigma, identificados na fase anterior, foram alvo de análise e contextualização, com a colaboração da Direcção de Marketing & Vendas e do Departamento de Serviços Especiais da TNT Portugal. Isto permitiu triar os projectos identificados, priorizando aqueles a submeter a uma avaliação e selecção finais. Os potenciais projectos de DFSS priorizados, indicados na figura 7.4, foram discutidos e avaliados em sede de reunião de Direcção, tendo sido aplicada a técnica de grupo nominal para auxiliar na escolha final do projecto de DFSS a realizar.

	Potenciais projectos de DFSS	Participante na reunião de Direcção						Pontuação total
		Participante 1	Participante 2	Participante 3	Participante 4	Participante 5	Participante 6	
1	B2C - Vendas Internet	1	2	5	2	1	4	15
2	Eventos	4	3	4	5	3	5	24
3	<i>Security Shipment</i>	2	1	1	4	2	1	13
4	Marketing e campanhas	5	4	3	3	5	3	23
5	Sameday - Time Critical	3	5	2	1	4	2	17

Cada participante atribuiu uma pontuação entre 1 e 5, a cada um dos cinco potenciais projectos de DFSS sujeitos a avaliação.

Figura 7.4 – Aplicação da técnica de grupo nominal para seleccionar o melhor projecto de DFSS.

Os resultados mostraram dois possíveis projectos (projectos 2 e 4) com pontuações muito próximas. Dadas algumas sinergias entre o âmbito desses dois projectos candidatos, decidiu-se integrá-los num único projecto, com o objectivo de conceber e desenvolver um novo serviço dirigido para os mercados de eventos e campanhas de *marketing*.

7.2.3.3. Planeamento do projecto de DFSS seleccionado

Antes de ser realizado, o projecto de DFSS seleccionado foi planeado, tendo sido elaborados, para tal, a respectiva Declaração de Projecto e o plano de projecto. Este plano de projecto incidiu no preenchimento da matriz RACI (para a definição e comunicação de papéis e responsabilidades) e do gráfico de Gantt (para a programação temporal das actividades). Por causa da incerteza em torno da duração das actividades planeadas, devido à ausência de histórico de outros projectos de DFSS, foi prevista alguma folga nessa mesma duração. A Declaração de Projecto e o plano de projecto, relativos a este projecto de DFSS, encontram-se no apêndice XX.4. Em conjunto com a TNT, concluiu-se não haver vantagens significativas em contemplar um plano de mudança organizacional, pelo que não foi elaborado qualquer documento pertencente a este plano.

Este projecto de DFSS, iniciado em 2008, incidiu sobre a concepção e desenvolvimento de um serviço especializado de transporte, incluindo actividades complementares a esse transporte, que fosse capaz de fornecer soluções à medida das necessidades específicas de cada cliente. Três conclusões importantes puderam ser retiradas nesta fase de planeamento:

- 1) O sistema de interesse a considerar no projecto de DFSS é um “serviço de transporte e de logística complementar, especializado em eventos e campanhas de *marketing*”.
- 2) A morfologia deste sistema de interesse insere-se na categoria de produto, do tipo serviço, pelo que o projecto de DFSS se contextualizava numa inovação de tipo produto.
- 3) Sendo um serviço do tipo “fato à medida”, a realização do projecto de DFSS teria de envolver, necessariamente, uma situação de variedade temporal.

7.2.3.4. Realização do projecto de DFSS seleccionado

O projecto seleccionado foi executado através da metodologia de DFSS proposta na secção 5.4 (capítulo 5) da tese, assente no mapa IDOV. Durante as subsecções seguintes, descrever-se-á a utilização desta metodologia no desenvolvimento do serviço de transporte e de logística complementar, especializado em eventos e campanhas de *marketing*.

7.2.3.4.1. Fase de Identificação – *Identify*

O projecto de DFSS iniciou-se pela análise e compreensão do mercado ligado à organização e realização de eventos, incluindo campanhas de *marketing* e publicidade. O facto de a TNT Portugal já ter fornecido, no passado, soluções de transporte para este tipo de mercado, ajudou nesta tarefa. De qualquer forma, um entendimento mais aprofundado do mercado de eventos exigiu um esforço de pesquisa adicional, que incluiu a leitura de artigos, visionamento de vídeos e conversas com pessoas e empresas da área. Com base no conhecimento adquirido, construiu-se o CVCA ilustrado na figura 7.5.

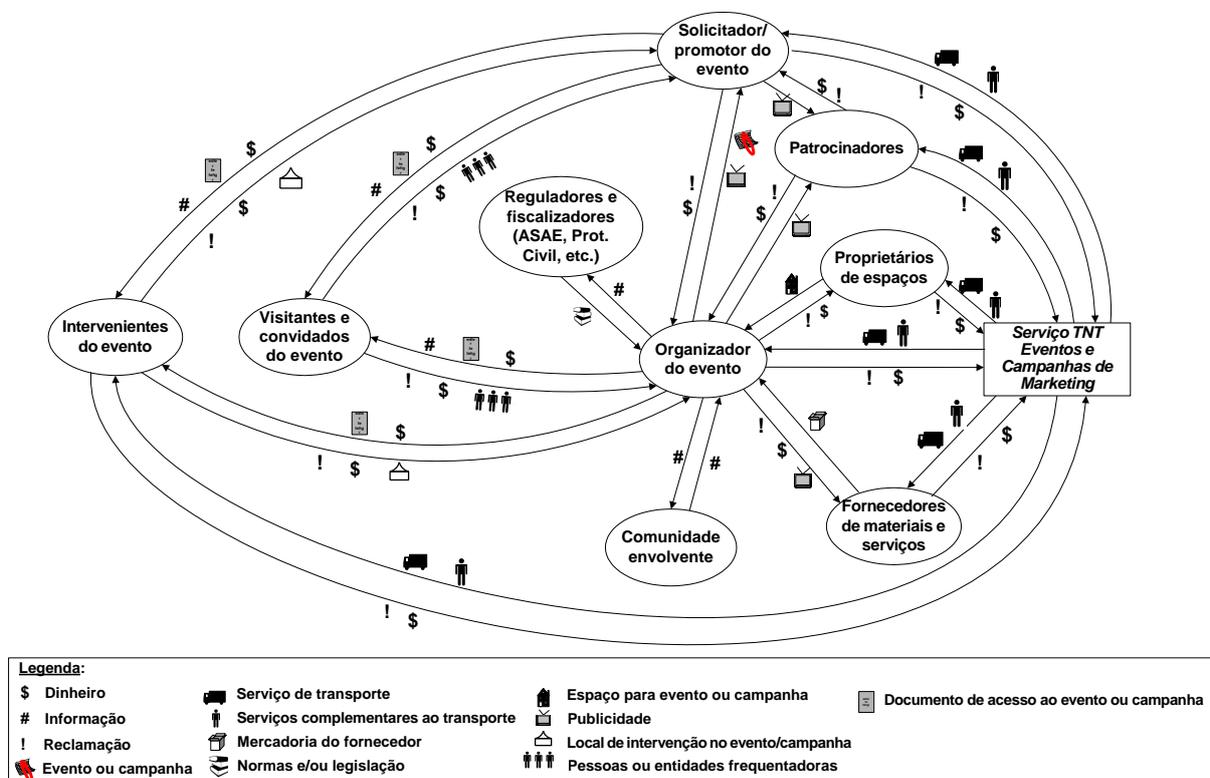


Figura 7.5 – CVCA referente ao serviço da TNT especializado em eventos e campanhas.

O CVCA obtido representa os diferentes *stakeholders*, ou partes interessadas, que intervêm no mercado dos eventos (incluindo eventos relacionados com campanhas de *marketing*), a interrelação entre eles, e o posicionamento de cada um na cadeia de valor, relativamente ao serviço da TNT, que se pretende vir a desenvolver para este mercado. A prioritização desses *stakeholders* fez-se através da aplicação da matriz de poder *versus* interesse (figura 7.6).

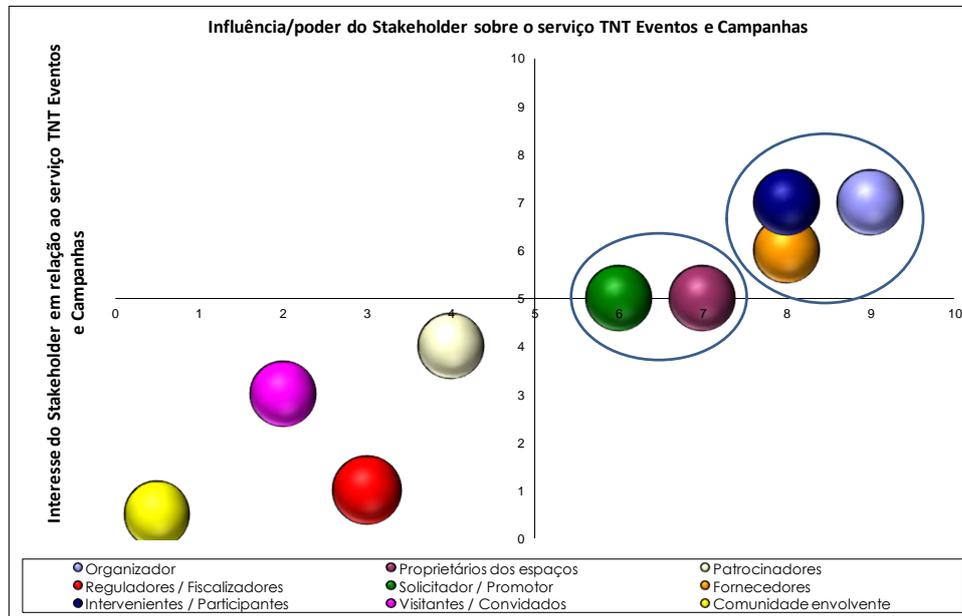


Figura 7.6 – Matriz de poder vs. interesse para prioritização dos *stakeholders* contidos no CVCA.

Da análise da matriz obtida, concluiu-se existirem três grupos relevantes de potenciais clientes para o serviço a desenvolver, e, por esse motivo, importava auscultar as suas necessidades:

- Organizadores de eventos (empresas especializadas na preparação e realização de qualquer tipo de evento).
- Intervenientes nos eventos (organizações que pretendam promover os seus produtos ou serviços num determinado evento, como seja uma feira temática, numa campanha de *marketing* realizada num centro comercial, ou noutro tipo de evento).
- Fornecedores de equipamentos, materiais ou serviços necessários à realização dos eventos (e.g. som, iluminação, tendas, *catering*, palcos, etc.).

Para além destas partes interessadas, a equipa do projecto de DFSS considerou também que seria melhor incluir outras duas, também estas potenciais clientes do serviço da TNT: o promotor do evento (entidade ou empresa que pede a realização de um evento) e o proprietário do espaço onde um dado evento ocorre (e.g. pavilhão, município, hotel, etc.).

Foi então traçado, juntamente com a Direcção de *Marketing & Vendas*, um plano para a realização de 15 entrevistas presenciais com representantes de organizações que, em conjunto, abrangessem os cinco tipos de clientes anteriormente prioritizados (quadro 7.2). A lista de clientes da TNT ajudou a estabelecer contactos para o agendamento de entrevistas. Efectuou-se ainda uma entrevista adicional com um especialista na área dos eventos, que ajudou a compreender melhor este mercado.

Quadro 7.2 – Enquadramento das entrevistas presenciais realizadas.

	Grupo de clientes	Tipo de evento ou campanha
Entrevista 1	Organizador de eventos	Todos os referidos na figura 7.7
Entrevista 2	Organizador de eventos	Todos os referidos na figura 7.7
Entrevista 3	Organizador de eventos	Todos os referidos na figura 7.7
Entrevista 4	Organizador de eventos	Todos os referidos na figura 7.7
Entrevista 5	Organizador de eventos	Todos os referidos na figura 7.7
Entrevista 6	Organizador de eventos	Congressos, colóquios e formação
Entrevista 7	Organizador de eventos	Eventos desportivos
Entrevista 8	Fornecedor de bens e serviços para eventos	Todos os referidos na figura 7.7
Entrevista 9	Fornecedor de bens e serviços para eventos	Todos os referidos na figura 7.7
Entrevista 10	Interveniente em eventos	Mostras, feiras, salões e exposições
Entrevista 11	Interveniente em eventos	Campanhas de marketing e mostras/feiras/salões
Entrevista 12	Interveniente em eventos	Mostras, feiras, salões e exposições
Entrevista 13	Promotor de eventos	Eventos e reuniões de empresas
Entrevista 14	Promotor de eventos	Eventos e reuniões de empresas
Entrevista 15	Proprietário de espaço	Eventos/reuniões de empresas e congressos/colóquios

Idealmente, ter-se-iam realizado 12 entrevistas para cada grupo de clientes (60 ao todo), mas, por questões de tempo, tal revelou-se ser impossível. Para compensar este facto, elaborou-se um questionário (que consta do apêndice XX.5) e solicitou-se, junto do pessoal das vendas, que, no decurso das suas visitas a clientes, o pudessem trazer preenchido. Pretendeu-se, deste modo, conseguir registar dados adicionais, de natureza quantitativa e qualitativa, para a determinação das necessidades e expectativas de potenciais clientes do novo serviço da TNT actuaentes neste mercado.

Dada a multiplicidade de eventos e campanhas de *marketing*, considerou-se necessário definir uma categorização para os mesmos. Estabeleceram-se seis tipos principais de eventos e dois de campanhas, conforme consta da estratégia de segmentação definida, que está representada na figura 7.7. O quadro 7.2 contextualiza também as áreas de actuação das organizações entrevistadas, relativamente aos diferentes tipos ou categorias de eventos ou campanhas.

Campanhas		Eventos					
Brindes e Merchandising	Campanhas de Marketing e Publicidade	Eventos Desportivos	Eventos Culturais e Sociais	Eventos e Reuniões de empresas	Congressos, Colóquios e Formação	Mostras, Feiras, Salões e Exposições	Festas e Cerimónias de particulares
Empresas						Particulares	

Figura 7.7 – Segmentação de mercado definida para o serviço TNT Eventos e Campanhas.

Os resultados das entrevistas presenciais e dos questionários, entregues pelo pessoal das vendas, foram analisados, de modo a apurar as “vozes” dos clientes. A sua conversão em necessidades e expectativas fez-se recorrendo ao auxílio de uma tabela VOC, cuja estrutura está representada no quadro 5.5 (capítulo 5). Uma parte das tabelas VOC que foram usadas na conversão das “vozes” em necessidades e expectativas encontra-se no apêndice XX.6 desta tese.

No total, apuraram-se 116 necessidades e expectativas, tendo a estas sido adicionados alguns dos requisitos (8 ao todo) determinados durante a fase de identificação de potenciais projectos de DFSS (ver figura XX.1 do apêndice XX.3). Em conjunto, eles formaram um total de 124 requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas (figura 7.8).



Figura 7.8 – Apuramento do total de requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas, antes de se dar início ao processo de refinamento.

Este era um número de requisitos considerado muito elevado, pelo que se procedeu à aplicação do processo de refinamento explicado em pormenor na subsecção 5.4.1.3, do capítulo 5 da tese. No final dos quatro estádios do processo de refinamento, foi possível obter um total de 42 requisitos (figura 7.9), um número muito mais gerível.

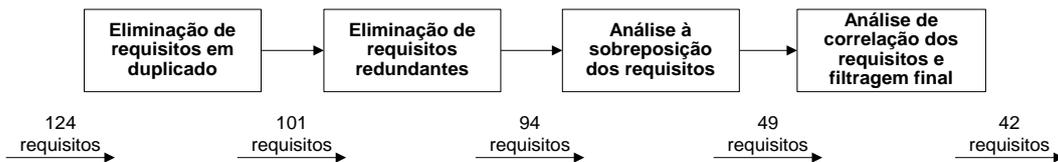


Figura 7.9 – Resultados da aplicação do processo de refinamento dos requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas.

De seguida, estes 42 requisitos foram organizados e relacionados através de um diagrama de afinidades, cujo resultado obtido se encontra disponível no apêndice XX.7 da tese. Seis destes requisitos correspondem a requisitos/objectivos internos da TNT Portugal, e não a requisitos dos clientes. A aplicabilidade dos restantes 36 requisitos é transversal aos cinco grupos de potenciais clientes do serviço TNT Eventos e Campanhas que foram priorizados a seguir à construção do CVCA. Esta conclusão é visível no quadro presente no apêndice XX.8.

De facto, embora sejam as empresas organizadoras de eventos que, pelo facto de gerirem todo o ciclo de vida de um evento (desde o seu planeamento até ao encerramento), previsivelmente mais terão propensão a contratar os serviços de transporte e logística de apoio a um evento ou campanha de *marketing*, os outros tipos de clientes também poderão, na verdade, sentir necessidade de o fazer:

- Os fornecedores de bens e serviços para eventos podem optar por subcontratar o transporte de alguns dos artigos, materiais ou equipamentos necessários até ao local do evento; podem igualmente necessitar de serviços complementares a esse transporte, como seja a montagem ou instalação de estruturas. Um fornecedor de tendas, por exemplo, pode requisitar o transporte especializado de toldos e estruturas metálicas, requerendo também a montagem e posterior desmontagem da estrutura.

- As organizações que intervenham ou participem num dado evento ou campanha, fazem-no geralmente para promover os seus produtos ou serviços; podem, por isso, necessitar de fazer chegar, em boas condições, até ao local do evento/campanha, amostras, cartazes, equipamentos audiovisuais, entre outros tipos de artigos, que queiram usar como meio de divulgação. As organizações podem também requerer serviços logísticos complementares (e.g. armazenamento no local do evento, distribuição de *merchandising*, montagem do *stand*).
- O promotor (quem solicita o evento ou campanha) pode requerer a organização do evento a uma empresa especializada (o organizador do evento) ou ser ele próprio a organizá-lo. Sobretudo no segundo caso, o promotor poderá sentir necessidade de subcontratar serviços de transporte, e/ou outra logística complementar, para apoio à realização do evento/campanha.
- Os proprietários dos espaços, que os arrendam para que determinado evento ou campanha aí possa ter lugar, disponibilizam muitas vezes os serviços de transporte e de logística que decorram no interior e nas imediações do espaço. Esses serviços são normalmente contratados a uma empresa capaz de oferecer serviços especializados nesta área.

Concluiu-se assim que qualquer cliente, independentemente do grupo em que se insira, pode necessitar de transporte, mais ou menos especializado e mais ou menos crítico em tempo, e de serviços logísticos complementares a esse transporte, no âmbito de um determinado evento ou campanha de *marketing*. A compreensão do mercado, nesta fase do projecto de DFSS, passou igualmente por procurar enquadrar cada um dos cinco grupos de potenciais clientes do novo serviço da TNT Portugal nos diferentes tipos de eventos e campanhas referido na figura 7.7. Do conhecimento sobre o mercado, consolidado através das entrevistas presenciais e da pesquisa efectuada, resultou a elaboração do quadro 7.3. Neste quadro não se incluiu o segmento dos eventos particulares, pois, embora seja um segmento definido, a TNT Portugal não o considerou prioritário.

Quadro 7.3 – Aplicabilidade dos tipos de serviço a vários grupos de potenciais clientes.

Tipos de eventos e campanhas \ Grupos de potenciais clientes	Organizadores de eventos	Fornecedores de bens e serviços para eventos	Intervenientes nos eventos	Promotores dos eventos	Proprietários de espaços
Brindes e <i>merchandising</i>	⊙	⊙	⊙	⊙	△
Campanhas <i>marketing</i> e publicidade	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Eventos desportivos	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Eventos culturais e sociais	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Eventos e reuniões de empresas	⊙	⊙	△	⊙	⊙
Congressos, colóquios e formação	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙
Mostras, feiras, salões e exposições	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

A simbologia utilizada na quadro 7.3., representa o seguinte:

- ⊙ = É provável que o tipo de evento/campanha seja requisitado pela parte interessada.
- ⊙ = É possível que o tipo de evento/campanha seja requisitado pela parte interessada.
- △ = É pouco provável que o tipo de evento/campanha seja requisitado pela parte interessada.

Nesta fase do projecto de DFSS foi investido bastante tempo na compreensão do mercado, especialmente para entender as necessidades, actuais e latentes, dos principais *players* envolvidos neste mercado, relativamente a um serviço de transporte e logística especializado em eventos e campanhas de *marketing*. Pretendeu-se, deste modo, que a concepção e desenvolvimento do serviço TNT Eventos e Campanhas, assentasse em bases sólidas. Este esforço foi também importante para entender os vectores de heterogeneidade nos requisitos que mais contribuíram para a presença de variedade temporal; as conclusões foram as seguintes:

- Na génese da heterogeneidade expectável nos pedidos de serviço, não estarão tanto as diferenças entre grupos de potenciais clientes, pois as suas necessidades e expectativas são semelhantes, nem o tipo de evento/campanha.
- Tal heterogeneidade dependerá, fundamentalmente, de características intrínsecas ao serviço, que são transversais em diversos tipos de eventos, destacando-se as seguintes:
 - A urgência associada aos tempos de transporte, necessários à consumação do evento/campanha.
 - A especificidade (e.g. dimensões, materiais, peso) dos artigos a transportar.
 - As condições específicas do(s) local(ais) do evento (e.g. relevo, espaço disponível).
 - Haver actividades complementares ao transporte (e.g. armazenamento, montagem).

A fase de *Identify* do projecto de DFSS terminou com a determinação das características críticas para a qualidade (CTQCs) do serviço a desenvolver. Para tal, foi usada a vertente da Casa da Qualidade aplicável a situações de variedade, proposta no capítulo 5 da tese, que se designou por *Variety House of Quality* (VHoQ). O envolvimento da TNT Portugal foi muito importante nesta etapa, pois vários dos indicadores-chave de desempenho (KPIs), que faziam parte do painel de KPIs da empresa, eram naturais candidatos a CTQCs. Os requisitos para o serviço TNT Eventos e Campanhas, que foram incluídos na VHoQ, corresponderam àqueles directamente associados às necessidades e expectativas dos clientes, isto é, 36 requisitos (recorde-se que, do total de 42 requisitos, 6 deles referem-se a requisitos internos, pelo que estes últimos não foram incluídos). O grau de importância destes 36 requisitos foi determinado através do preenchimento, por parte de representantes das 15 organizações que participaram nas entrevistas presenciais, do questionário cujo formulário consta do apêndice XX.9 da tese. Por seu lado, o resultado final da construção da VHoQ encontra-se disponível no apêndice XX.10. Relativamente à VHoQ, é ainda importante referir o seguinte:

- Foi analisada a eventualidade de ser preciso tomar em consideração, durante a concepção e desenvolvimento do serviço, factores evolutivos significativos que pudessem vir a motivar alterações geracionais no serviço. A conclusão a que se chegou, face ao resultado espelhado na VHoQ, é que a necessidade de poder vir a ter que efectuar alterações conceptuais no serviço TNT Eventos e Campanhas, a acontecer, seria provavelmente espoletada pela evolução tecnológica, geradora de novas soluções de *tracking* e de informação sobre a localização das mercadorias transportadas.
- A presença de variedade temporal é notória na matriz/quarto referente aos objectivos para as CTQCs, relacionados com as suas definições operacionais. Dada a lógica de o serviço TNT Eventos e Campanhas poder tirar partido das valências proporcionadas pelos serviços

especiais, mas também pelos serviços *standard*, os objectivos das CTQCs foram diferenciados para estas situações. Dentro dos serviços *standard*, os objectivos podem ainda variar consoante o segmento em que o solicitador do serviço se enquadre (clientes de grande importância, dado o volume de facturação, são diferenciados dos outros). Nos serviços especiais, a dificuldade em estabelecer objectivos gerais reside no facto de serem serviços à medida, em que, no limite, existirá um número infinito de especificações para o serviço.

Por questões de confidencialidade, alguns dos dados que constam da VHoQ foram alterados, mas sem tal comprometer as conclusões.

7.2.3.4.2. Fase de Concepção – *Design*

Nesta fase do projecto, começou-se por procurar identificar as funções básicas do serviço TNT Eventos e Campanhas. Para tal, foi necessário definir, com precisão, os contornos deste novo potencial serviço. O mesmo teria que, por um lado, se inserir na esfera de competências da empresa e, simultaneamente, fornecer soluções à medida, dirigidas para o mercado de eventos e campanhas, tipificado de acordo com o que foi representado na figura 7.7. O resultado desta reflexão foi o estabelecimento das linhas de produto inerentes ao serviço, conforme ilustrado na figura 7.10.

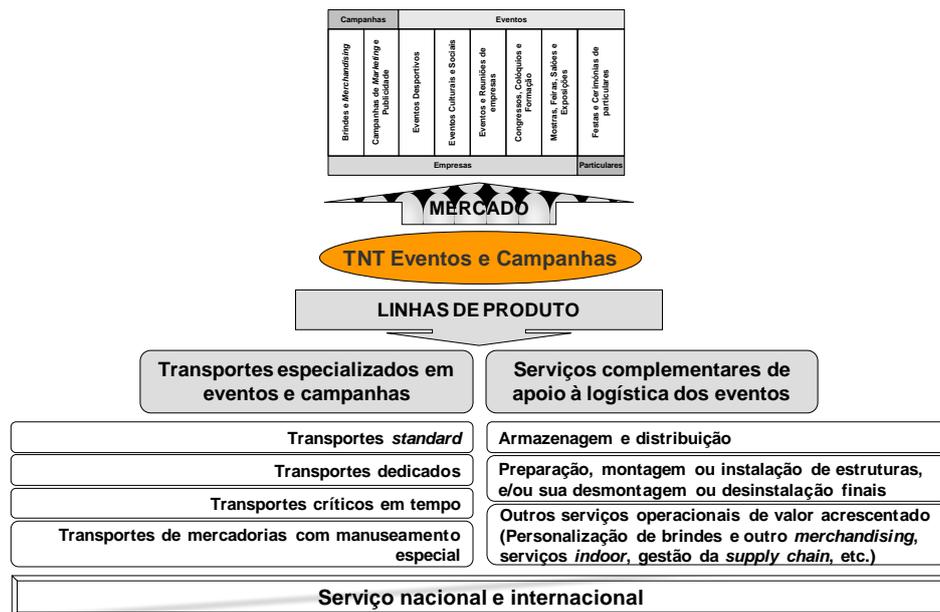


Figura 7.10 – Linhas de produto e mercado-alvo do serviço TNT Eventos e Campanhas.

Foram então definidas aquelas que são consideradas as duas funções básicas deste serviço:

- 1) Fornecer soluções de transportes especializados em eventos/campanhas.
- 2) Fornecer serviços logísticos complementares ao transporte.

A partir destas duas funções básicas, formularam-se os correspondentes seguintes dois requisitos funcionais de processo, nesta altura ainda sem índice atribuído, em virtude de se desconhecer a ordem em que deveriam constar na matriz de projecto a construir:

- $FR_{processo}$ = Transportar correctamente qualquer tipo de mercadoria, no tempo requerido, desde a origem até ao destino pretendidos.
- $FR_{processo}$ = Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte requeridos.

Dada a presença de variedade temporal, foi necessário estabelecer um requisito funcional associado a uma função de comando e controlo de tipo I, conforme discutido no capítulo 5. Este requisito funcional é responsável por analisar as especificidades do pedido de serviço efectuado por um dado cliente e, com base nelas, determinar as operações do serviço mais indicadas para conseguir satisfazer os requisitos associados a esse pedido, definindo igualmente a sequência com que essas operações devem decorrer. Este raciocínio está patente na figura 7.11.

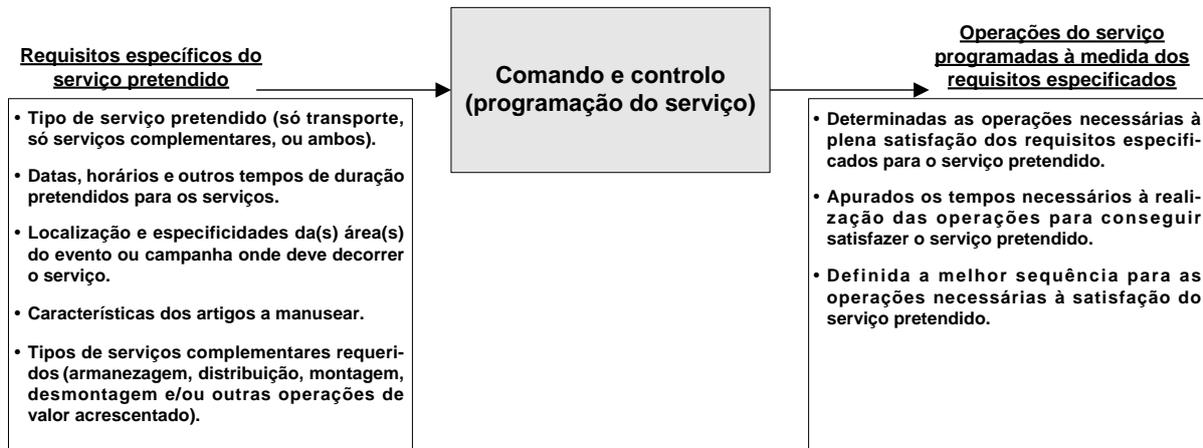


Figura 7.11 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo I no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas.

A formulação do requisito funcional, relativo à função de comando e controlo, é a seguinte:

- $FR_{comando\&controlo}$ = Definir, programar e coordenar as operações do serviço, atendendo aos requisitos especificados no pedido do cliente.

Foi estabelecido um quarto e último requisito funcional, este associado a uma função de suporte e integração, que foi formulado do seguinte modo:

- $FR_{suporte\&integração}$ = Integrar o serviço e prestar apoio/suporte ao cliente que requisitou o serviço.

Os requisitos funcionais (FRs) e contrangimentos (Cs) estabelecidos para o serviço TNT Eventos e Campanhas, assim como a relação destes com os 42 requisitos apurados na fase de *Identify*, estão indicados no quadro 7.4. O impacto dos contrangimentos nos quatro requisitos funcionais consta do quadro 7.5. Os números dos índices definidos para todos os FRs constam já destes quadros, onde os contrangimentos aparecem também tipificados, em linha com o exposto na secção 5.4.2.2 do capítulo 5 da tese. Os contrangimentos enquadrados nas especificações críticas de desempenho derivam das CTQCs prioritizadas na VHoQ, cuja construção consta do apêndice XX.10.

Os elementos de solução (DPs) definidos para satisfazer os quatro FRs indicados, cumprindo simultaneamente os contrangimentos aplicáveis, estão indicados no quadro 7.6. Para satisfazer os

FRs associados às funções básicas (FR₁ e FR₂), existem diferentes DPs que podem ser accionados, de acordo com o tipo de serviço pretendido pelo cliente (e.g. datas/horários requeridos; características dos artigos a manusear e/ou a transportar; áreas, espaços ou locais para a realização do serviço). A selecção desses DPs é feita via função de comando e controlo (FR₃), a qual também ditará quais as operações do serviço que devem ser executadas (estas operações e sua sequência aparecerão na forma de sub-FRs do FR₁ e/ou do FR₂, consoante um deles ou ambos sejam aplicáveis) e o modo como deverão ser coordenadas/programadas.

Quadro 7.4 – Lista de requisitos funcionais e constrangimentos, correspondentes tipificações e codificações, e sua relação com os 42 requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas.

Requisitos funcionais			Requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas																																																	
Código	Descrição	Tipo(s)	Fc1	Fc2	Fc3	Fc4	Fc5	Fc6	Fc7	Fc8	Fc9	Fc10	Fc11	Fc12	Fc13	Fc14	Fc15	Fc16	Fc17	Fc18	Fc19	Fc20	Fc21	Fc22	Fc23	Fc24	Fc25	Fc26	Fc27	Fc28	Fc29	Fc30	Fc31	Fc32	Fc33	Fc34	Fc35	Fc36	Fc37	Fc38	Fc39	Fc40	Fc41	Fc42								
FR ₁	Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte	Função básica / Função de		X		X			X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																X	X	X	X													
FR ₂	Transportar correctamente qualquer tipo de mercadoria, no tempo requerido, desde a origem até ao destino pretendidos	Função básica / Função de processo	X	X		X	X	X	X		X	X									X	X	X	X	X								X		X	X	X	X	X													
FR ₃	Definir, programar e coordenar as operações do serviço atendendo aos requisitos especificados no pedido do cliente	Função secundária / função de comando e controlo																																X										X	X							
FR ₄	Integrar serviço e prestar apoio/suporte ao cliente que requisitou o serviço	Função secundária / função de suporte e integração																										X	X	X	X	X	X												X							
Constrangimentos			Requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas																																																	
Código	Descrição	Tipo(s)	Fc1	Fc2	Fc3	Fc4	Fc5	Fc6	Fc7	Fc8	Fc9	Fc10	Fc11	Fc12	Fc13	Fc14	Fc15	Fc16	Fc17	Fc18	Fc19	Fc20	Fc21	Fc22	Fc23	Fc24	Fc25	Fc26	Fc27	Fc28	Fc29	Fc30	Fc31	Fc32	Fc33	Fc34	Fc35	Fc36	Fc37	Fc38	Fc39	Fc40	Fc41	Fc42								
C-1	Nível de serviço das entregas	Especif. crítica desempenho	X	X		X		X		X												X	X	X	X	X									X		X															
C-2	Entregas atempadas no destino	Especif. crítica desempenho						X																												X		X														
C-3	Sucesso dos serviços de transporte críticos em tempo	Especif. crítica desempenho																																		X		X														
C-4	Ocorrências de mercadoria danificada ou extraviada no transporte	Especif. crítica desempenho	X						X																																											
C-5	Taxa de ocorrências com artigos de manuseamento especial	Especif. crítica desempenho	X																				X	X	X	X	X																									
C-6	Taxa de cumprimento nos serviços de armazenamento contratados	Especif. crítica desempenho		X		X		X				X	X			X																																X				
C-7	Taxa de cumprimento nos serviços de montagem/desmontagem	Especif. crítica desempenho		X		X		X					X	X	X																																	X				
C-8	Taxa de cumprimento nos serviços complementares de valor acrescentado	Especif. crítica desempenho		X		X		X								X	X	X	X																																	
C-9	Adequar os meios de transporte às especificidades do percurso e dos locais de carga e descarga	Interface				X	X																																													
C-10	Adequar os meios usados às especificidades dos locais onde são realizados os serviços complementares ao transporte	Interface			X	X						X																																								
C-11	Adequar os meios usados às especificidades técnicas do serviço a desempenhar	Interface	X								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																							
C-12	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo no contacto com o cliente	Interface																																																		
C-13	Permitir rastrear a execução do serviço	Interface																																																		
C-14	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho	Interface				X							X	X	X							X			X																									X		
C-15	Poder efectuar serviços em quaisquer dias e horários	Global																																													X	X				
C-16	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT	Global																																													X					
C-17	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	Global									X	X	X	X	X								X	X	X	X	X																									
C-18	Assegurar flexibilidade e serviços à medida de cada cliente	Global																																													X	X	X	X	X	
C-19	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	Projecto																																																	X	

A matriz de projecto, relacionando os FRs com os DPs definidos, está representada na equação 7.1:

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 \\ X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{1(a,b,c,d,e,f,g)} \\ DP_{2(a,b)} \\ DP_3 \\ DP_4 \end{Bmatrix} \quad (7.1)$$

Esta matriz de projecto, indicativa de uma solução desacoplável, representa a intenção da equipa de DFSS em assegurar que a programação e realização do serviço se processariam sem se registarem actividades iterativas indesejáveis, reveladoras de algum grau de acoplamento funcional. Esta

intenção aplica-se, conforme se observa na matriz de projecto, a qualquer escolha feita para o DP₁ (DP_{1a},..., DP_{1e}, DP_{1f} ou DP_{1g}) e para o DP₂ (DP_{2a} ou DP_{2b}).

Quadro 7.5 – Tipificação dos constrangimentos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas e seu impacto no conjunto inicial de quatro requisitos funcionais.

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais				
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR ₁	FR ₂	FR ₃	FR ₄	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)							
C-1	Dep. Qualidade	Nível de serviço das entregas		X	X	X	Sistema de informação
C-2	Dep. Qualidade	Entregas atempadas no destino		X	X	X	Sistema de informação
C-3	Dep. Qualidade	Sucesso dos serviços de transporte críticos em tempo		X	X	X	Sistema de informação
C-4	Dep. Qualidade	Ocorrências de mercadoria danificada ou extraviada no transporte		X	X	X	Sistema de informação
C-5	Dep. Qualidade	Taxa de ocorrências com artigos de manuseamento especial		X	X	X	Sistema de informação
C-6	Dep. Qualidade	Taxa de cumprimento nos serviços de armazenamento contratados	X		X	X	Pasta de serviço
C-7	Dep. Qualidade	Taxa de cumprimento nos serviços de montagem/desmontagem	X		X	X	Pasta de serviço
C-8	Dep. Qualidade	Taxa de cumprimento nos serviços complementares de valor acrescentado	X		X	X	Pasta de serviço
Constrangimentos de interface (Interface constraints)							
C-9	Dep. Serv. Espec.	Adequar os meios de transporte às especificidades do percurso e dos locais de carga e descarga		X	X	X	Inspecção / Observação
C-10	Dep. Serv. Espec.	Adequar os meios usados às especificidades dos locais onde são realizados os serviços complementares ao transporte	X		X	X	Inspecção / Observação
C-11	Dep. Serv. Espec.	Adequar os meios usados às especificidades técnicas do serviço a desempenhar	X	X	X	X	Inspecção / Observação
C-12	Dir. Mkt & Vendas	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo no contacto com o cliente	X	X		X	Inspecção / Observação
C-13	Dep. Serv. Espec.	Permitir rastrear a execução do serviço	X	X	X	X	Inspecção / Observação
C-14	Dep. Qualidade	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho	X	X		X	Inspecção / Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)							
C-15	Dir. Mkt & Vendas	Poder efectuar serviços em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	Pasta de serviço
C-16	Dir. Mkt & Vendas	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT	X	X	X	X	Pasta de serviço
C-17	Dir. Mkt & Vendas	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	Inspecção / Observação
C-18	Dep. Serv. Espec.	Assegurar flexibilidade e serviços à medida de cada cliente	X	X	X	X	Inspecção / Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)							
C-19	Dir. Mkt & Vendas	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	Inspecção / Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)							

Quadro 7.6 – Tabela FR/DP para os conjuntos iniciais de FRs e DPs, referentes ao serviço TNT Eventos e Campanhas.

Requisito funcional (FR) de maior ordem						Elemento de solução / Parâmetro de projecto			
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP	
FR ₀	Fornecer soluções de transporte e de logística complementar ao transporte, especializadas nos mercados de eventos e de campanhas de marketing e publicidade					Serviço TNT Eventos e Campanhas	DP ₀	Tipo I	
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)			
Código	Classificações funcionais			Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Necessidade	Transformação							Efeito
FR ₁	Uso	Básica	Processo	Útil	Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte	Serviços especiais complementares ao transporte para eventos/campanhas	DP ₁		
						a) Serviços de armazenagem	DP _{1a}	Tipo II	
						b) Serviços de montagem/desmontagem	DP _{1b}	Tipo II	
						c) Logística de valor acrescentado	DP _{1c}	Tipo II	
						d) Armazenagem + Montagem/desmontagem	DP _{1d}	Tipo II	
						e) Armazenagem + Logística de valor acrescentado	DP _{1e}	Tipo II	
						f) Montagem/desmontagem + Logística de valor acrescentado	DP _{1f}	Tipo II	
g) Armazenagem + Montagem/desmontagem + Logística de valor acrescentado	DP _{1g}	Tipo II							
FR ₂	Uso	Básica	Processo	Útil	Transportar correctamente qualquer tipo de mercadoria, no tempo requerido, desde a origem até ao destino pretendidos	Serviços de transporte para eventos/campanhas	DP ₂		
						a) Soluções <i>standard</i>	DP _{2a}	Tipo II	
						b) Soluções de transporte à medida	DP _{2b}	Tipo II	
FR ₃	Uso	Secundária	Comando e controlo (tipo I)	Útil	Definir, programar e coordenar as operações do serviço, atendendo aos requisitos especificados no pedido do cliente	Processo de definição do serviço	DP ₃	Tipo III	
FR ₄	Uso	Secundária	Suporte e integração	Útil	Integrar o serviço e prestar apoio/suporte ao cliente que requisitou o serviço	Estrutura do serviço TNT Eventos e Campanhas, incluindo sistema de <i>Customer Service</i>	DP ₄	Tipo II	

Note-se ainda que, na matriz de projecto da equação 7.1, existe um interface entre os serviços de transporte e os serviços complementares, razão pela qual se assinalou um “X” fora da diagonal

principal (marcado a negrito) entre esses dois subserviços. O posicionamento deste termo “X” na matriz de projecto indica que, quando um cliente requerer ambos os tipos de serviço, os de logística complementar são planeados em primeiro lugar, sendo então programados os serviços de transporte²⁹.

Para melhor compreender o conceito de serviço, que foi depois detalhado através do processo de decomposição, utilizando o método MDCV proposto no capítulo 5, considere-se o exemplo da figura 7.12, para uma melhor ilustração. Neste exemplo hipotético, o cliente requereu os seguintes serviços:

- Armazenagem temporária de equipamentos e estruturas no armazém de Lisboa da TNT, para posterior montagem no local de realização do evento. Terminado o evento, estes equipamentos e estruturas retornam à empresa fornecedora que os disponibilizou, sendo previamente preparada a sua expedição no armazém da TNT em Lisboa.
- Espaço para armazenamento, no local do evento, de material de *merchandising* e outros artigos para distribuição pelos participantes no evento.
- Parte dos artigos a armazenar e a distribuir são adquiridos, preparados e embalados previamente pela TNT.
- Transporte de todos os equipamentos, estruturas e artigos de e para o local do evento.

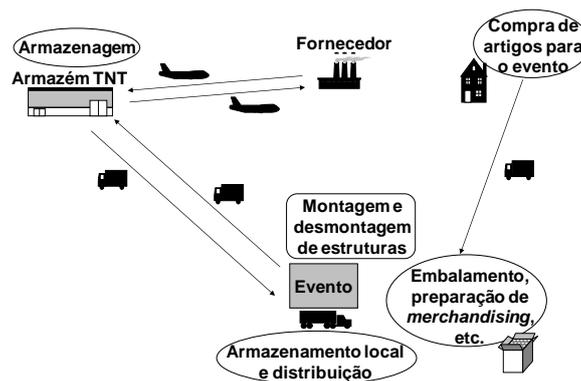


Figura 7.12 – Exemplo ilustrativo de um serviço inserido no âmbito do TNT Eventos e Campanhas, envolvendo transporte e logística complementar.

Através do processo de definição do serviço, que assume o papel de função de comando e controlo, são primeiramente definidas e programadas temporalmente as operações, e afectados os respectivos meios a utilizar, que permitem realizar os serviços complementares (armazenagem central na TNT, armazenagem no evento através de um camião no local (o atrelado do camião desempenha, neste contexto, a função de armazém local.), preparação e distribuição de *merchandising* e outros artigos durante a realização do evento através de pessoal subcontratado). Com base nas datas e horários requeridos para a ocorrência dos serviços complementares (antes, durante e após o evento), nas diferentes localizações (do evento, do armazém da TNT e dos fornecedores), e nas características dos bens a manusear, são posteriormente definidos os meios, condições e tempos de transporte mais adequados para interligar as operações associadas aos serviços complementares. É esta a lógica que está subjacente na matriz de projecto anteriormente indicada na equação 7.1.

²⁹ Conforme sugerido por Tate (1999), o termo “X”, marcado a negrito na matriz de projecto da equação 7.1, foi colocado de maneira a que a programação dos serviços complementares fosse feita em primeiro lugar, antes dos serviços de transporte, por ser tecnicamente mais exigente (ver anexo X.5).

O desenvolvimento em pormenor do serviço TNT Eventos e Campanhas foi realizado através do processo de decomposição, utilizando, para tal, o método MDCV proposto na tese. Procurou-se respeitar integralmente as regras do método para manter a consistência das decisões conceptuais. Atendeu-se também às especificidades da decomposição resultantes da presença de variedade temporal. A descrição e os resultados da aplicação do método de decomposição a este caso encontram-se detalhados nas páginas que compõem o apêndice XX.11.

7.2.3.4.3. Fase de Optimização – *Optimise*

A longo da decomposição, realizada na etapa final da fase anterior, determinaram-se as relações que se considerou existirem entre os diversos FRs e DPs, e que foram indicadas nas matrizes de projecto. De modo a verificar, em que medida, as decisões sobre essas relações foram as mais correctas³⁰, foi planeado e executado um serviço-teste, envolvendo transporte e actividades logísticas complementares ao transporte, conforme previsto no TNT Eventos e Campanhas. Este serviço-teste, esquematizado na figura 7.13, teve ainda os seguintes objectivos:

- Verificar se as relações indicadas nas matrizes de projecto foram correctamente identificadas.
- Introduzir, caso se concluísse ser necessário, melhorias conceptuais no serviço desenvolvido.
- Proceder à estimativa do nível de desempenho do serviço prestado, registando-o num *Design Scorecard*.

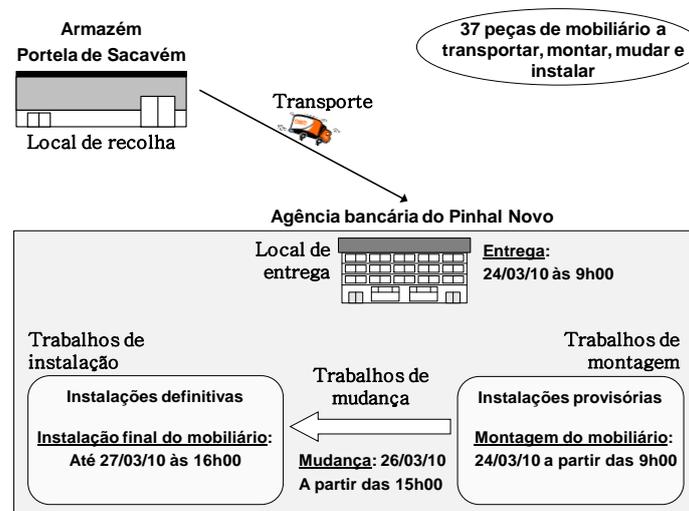


Figura 7.13 – Serviço-teste realizado no projecto de DFSS referente ao TNT Eventos e Campanhas.

Os principais requisitos para este serviço, conforme indicado na figura 7.13, foram os seguintes:

- Recolher equipamentos de mobiliário (total de 37 peças) no armazém em Sacavém, situado na morada descrita no pedido, para entrega, por volta das 9h00 do dia 24/03/2010, na agência bancária do Pinhal Novo.

³⁰ O TNT Eventos e Campanhas é um serviço tipo “fato à medida”, em que um conjunto de FRs e de DPs são conhecidos à priori, mas não as operações específicas a desenvolver, as quais variam consoante a particularidades do serviço solicitado pelo cliente. Na escala fornecida por Tate (1999), indicada na figura 3.13 da tese, esta situação corresponde ao nível 4 de incerteza na variedade temporal. Por esse motivo, a realização um serviço-teste não consegue cobrir a totalidade das relações possíveis num serviço deste género.

- Após a entrega, efectuar a preparação e montagem, nas instalações provisórias da agência, dos equipamentos de mobiliário.
- A mudança final, para as instalações definitivas da agência, do equipamento já montado, deve ocorrer a partir das 15h00 do dia 26/03/2010.
- A instalação de todo o equipamento deve estar concluída até às 16h00 do dia 27/03/2010.

Os pormenores sobre o planeamento e realização deste serviço-teste encontram-se descritos no apêndice XX.12. A nível de serviços complementares ao transporte, o serviço-teste envolveu operações de montagem e de logística de valor acrescentado (i.e. corresponde à selecção de DP_{1f} para satisfazer FR_1 – ver quadro 7.6). O serviço de transporte, por seu turno, requereu a adopção de soluções à medida (i.e. equivale à selecção de DP_{2b} para satisfazer FR_2 – ver quadro 7.6). Deste modo, as acções relativas ao planeamento da realização do serviço-teste seguiram o caminho decisório determinado através da decomposição dos nós FR_1-DP_{1f} e FR_2-DP_{2b} (detalhe sobre a decomposição podem ser consultados no apêndice XX.11).

Das relações constantes das matrizes de projecto, que puderam ser verificadas neste serviço-teste, todas elas foram confirmadas, pelo que não houve necessidade de se proceder a rectificações conceptuais, algures na hierarquia da decomposição, e voltar a decompor a partir desse ponto. Com base nos resultados operacionais obtidos no serviço-teste, estimaram-se os níveis de desempenho relativos às características críticas para a qualidade (CTQCs) aplicáveis no contexto do serviço-teste, tendo sido registados num *Design Scorecard* (quadro 7.7). A determinação dessas CTQCs e das suas definições operacionais, foi efectuada através de uma árvore de CTQCs (figura 7.14), a qual é coerente com as estruturas funcional e física do serviço, obtidas através do processo de decomposição.

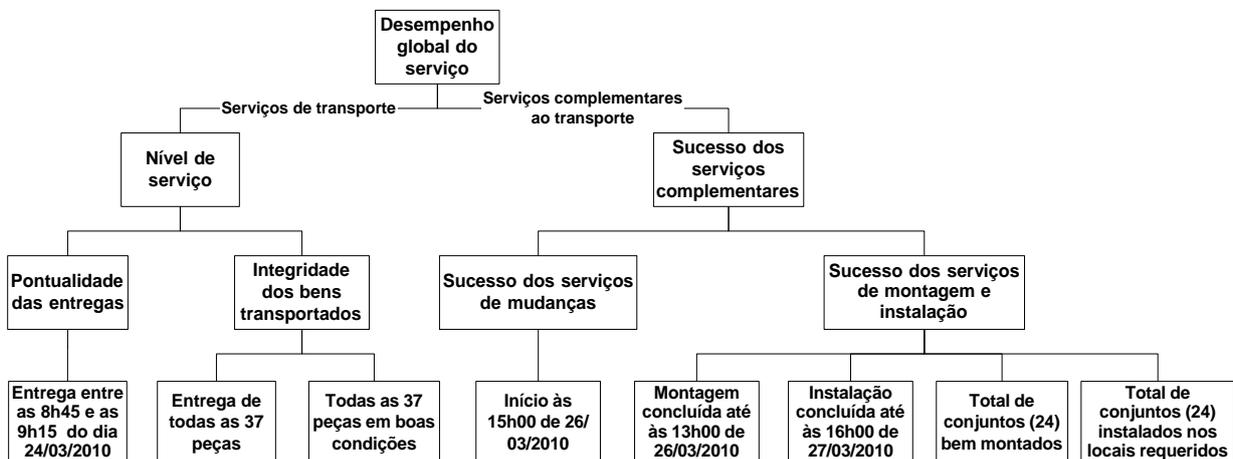


Figura 7.14 – Árvore de CTQCs para o serviço-teste realizado.

Constatou-se ainda que as decisões relativas ao planeamento da realização do serviço-teste puderam ser tomadas de forma sequencial, sem qualquer iteração, pois foi seguida a ordem indicada pelas matrizes de projecto obtidas durante o processo de decomposição do nó FR_1-DP_{1f} , revelando assim uma situação de projecto desacoplável. A matriz de projecto global final, obtida para este nó (ver figura XX.28 do apêndice XX.11), confirmando assim o desacoplamento funcional, assim como a consistência das decisões conceptuais tomadas ao longo da decomposição desse nó.

Quadro 7.7 – *Design Scorecard* relativo ao desempenho estimado no serviço-teste realizado.

CTQC	Métrica	Definição operacional (especificação)	Oportunidades para defeito	Resultado obtido	Cumpre especificação?	Nível Sigma (Z)	DPMO
Pontualidade da entrega	Unidade de tempo	Entrega às 9h00±15m, i.e., entre as 8h45 e as 9h15, do dia 24/03/2010	1	8h55 de 24/03/10	Sim	—	—
Integridade dos bens transportados		Entrega de todos os itens requeridos (todas as 37 peças)	37 (37 peças)	37 peças entregues	Sim	—	—
		Entrega de todas as 37 peças em boas condições	37 (37 peças)	37 peças em condições	Sim	—	—
Sucesso dos serviços de mudanças	Unidade de tempo	Operação de mudança para instalações definitivas a partir das 15h00 do dia 26/03/2010	1	Mudança iniciada às 15h05	Sim	—	—
Sucesso dos serviços de montagem e instalação	Unidade de tempo	Trabalhos de montagem concluídos até às 13h00 do dia 26/03/2010	1	Conclusão às 18h00 de 25/03/10	Sim	—	—
	Unidade de tempo	Trabalhos de instalação concluídos até às 16h00 do dia 27/03/2010	1		Sim	—	—
		Montar as peças de mobiliário em conjuntos, conforme o requerido	24 (24 conjuntos)	Todos os 24 conjuntos bem montados	Sim	—	—
		Instalar os conjuntos de mobiliário nos locais requeridos e nas condições requeridas	24 (24 conjuntos)	1 conjunto exigiu retrabalho	23 dos conjuntos sim (1 defeito)	—	—
TOTAL			126	—	—	3,9	7.937

A independência funcional só não pôde ser totalmente assegurada nas situações em que o serviço complementar envolva operações de armazenagem (o que não era o caso deste serviço-teste), isto é, quando a selecção para o elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1a} , DP_{1d} , DP_{1e} ou DP_{1g} . Para estes casos, a minimização das vulnerabilidades conceptuais (i.e. do grau de acoplamento) foi feito através da reordenação da matriz de projecto final.

7.2.3.4.4. Fase de Validação – *Validate*

Antes de se validar o serviço TNT Eventos e Campanhas, desenvolvido no projecto de DFSS, foi decidido efectuar um serviço-piloto final. O serviço-piloto, esquematizado na figura 7.15, consistiu no planeamento da realização das actividades necessárias a satisfazer o seguinte pedido do cliente:

- Após o final da convenção da *LG Electronics*, realizada no Penha Longa Hotel, proceder à desmontagem e recolha de todo o material envolvido nesse evento.
- Antes de ser enviado para a Coreia do Sul, no menor período de tempo possível, tratar de todo o embalamento, acondicionamento, etiquetagem, codificação, entre outras operações necessárias ao envio.

Os detalhes em torno do planeamento deste serviço-piloto encontram-se descritos no apêndice XX.13. Entre outros objectivos, com este exercício final pretendeu-se aferir melhor sobre a utilidade dos instrumentos de planeamento e de programação do serviço, que derivaram das decisões conceptuais tomadas durante o processo de decomposição, para a eficiência e capacidade de sistematização das actividades relacionadas com a preparação do tipo de serviços enquadrados no TNT Eventos e Campanhas. Desses instrumentos, incluíram a criação de um conjunto de *templates* postos à disposição para serem usados pelos Serviços Especiais da TNT, no sentido de facilitar o planeamento dos serviços inseridos no âmbito do TNT Eventos e Campanhas. Esses *templates* encontram-se nos apêndices XX.12 e XX.13.

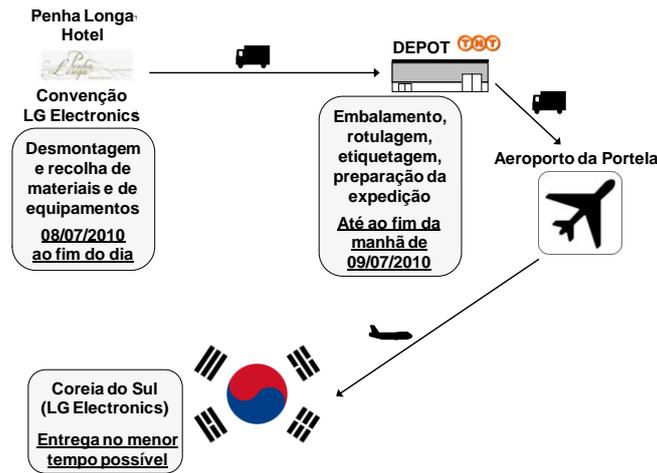


Figura 7.15 – Serviço-piloto realizado no projecto de DFSS referente ao TNT Eventos e Campanhas.

Finalmente, para encerrar o projecto, numa reunião de Direcção foi efectuada uma apresentação com as conclusões e resultados deste projecto de DFSS, tendo sido igualmente apresentado um modelo para o enquadramento do serviço no mercado (ver apêndice XX.15), para que o mesmo também fosse apreciado do ponto de vista comercial, o que veio a acontecer.

7.2.3.5. Pós-projecto

A fase de pós-projecto só ficou concluída com a elaboração do relatório do projecto de DFSS, que corresponde às linhas escritas ao longo desta secção da tese, relativa ao caso de aplicação da TNT Portugal. O intuito principal, é que a empresa, se assim entender, possa replicar o modelo de gestão de ciclo de vida de projectos Seis Sigma e a metodologia de DFSS, propostos na tese, a outras aplicações a realizar futuramente.

7.3. Caso de aplicação 4: Sapa Building System Portugal

7.3.1. A empresa

A Sapa Building System Portugal (Sapa BS Portugal) é uma empresa do Grupo Sapa, multinacional de origem sueca, que actua no sector do alumínio, na concepção, desenvolvimento e comercialização de sistemas e soluções para arquitectura e construção. O Grupo Sapa é o maior extrusor independente do mundo e está estabelecido em 29 países diferentes. A sua presença no nosso país faz-se desde o ano 2000, altura em que adquiriu a Anodil, uma emblemática empresa portuguesa que era líder no mercado da extrusão e distribuição de perfis de caixilharia em alumínio.



Figura 7.16 – Logótipo da Sapa Building System Portugal.

Em 2007, o Grupo Sapa decidiu separar as actividades industriais de extrusão de perfis de alumínio, das de concepção, desenvolvimento e comercialização da gama de produtos. Foi deste movimento que a então Sapa Portugal deu então origem às seguintes duas empresas:

- *Sapa Building System Portugal*. Dedicada à concepção, desenvolvimento e comercialização de sistemas e soluções para arquitectura e construção. O caso de aplicação constante desta secção decorre nesta empresa.
- *Sapa II Perfis*. Dedicada ao fabrico e venda de perfis de alumínio. Possui duas unidades industriais, uma no Cacém (Sede) e outra em Avintes, no norte do país.

O século XXI foi sinónimo de grandes desafios para o sector das caixilharias, decorrentes das crescentes preocupações em torno da eficiência energética, que se traduziram na necessidade de assegurar o cumprimento de um conjunto de normas e regulamentos técnicos e legais, muitos deles fundamentais para a certificação do produto, incluindo a marcação CE. Destes, assumem particular destaque as novas regulamentações energéticas do RCCTE (Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios) e do RSECE (Regulamento dos Sistemas Energéticos de Climatização dos Edifícios), que criaram ou redefiniram parâmetros de desempenho dos sistemas de caixilharia. A capacidade demonstrada em cumprir estas novas exigências, trouxeram à Sapa BS Portugal o reforço da liderança no mercado nacional da comercialização de sistemas de caixilharia, assim como a expansão para novos negócios, nomeadamente a nível dos sistemas fotovoltaicos integrados em fachadas e dos painéis solares térmicos.

A Sapa BS Portugal disponibiliza, aos projectistas, instaladores e utilizadores finais, uma ampla gama de produtos, que estão descritos em pormenor no apêndice XXI.1. Sob a alçada da Direcção Técnica e de Projectos, a Sapa BS Portugal efectua as actividades de concepção, desenvolvimento e engenharia do produto, prestando igualmente apoio técnico a nível da distribuição e do pós-venda. Esta área é também a responsável pela coordenação do programa Sapa Pro, que tem por objectivo a promoção e implementação de boas práticas do serviço de transformação e instalação dos sistemas Sapa. Com vista à certificação dos serviços prestados, não só pela Sapa BS Portugal, mas também pelas empresas instaladoras; a certificação é feita por família de produto.

7.3.2. Enquadramento do caso de aplicação

No segundo caso, que é iniciado no final de 2007, a metodologia foi testada no desenvolvimento de um sistema de caixilharia com ruptura térmica, da tipologia de batente, de onde pudessem derivar três modelos, ou variantes, de produto. Mesmo não tendo sido possível chegar à fase de protótipo, por restrições inerentes à realização do projecto, conseguiu-se efectuar o desenvolvimento conceptual através da metodologia de DFSS proposta, com o estimado apoio da área de desenvolvimento e engenharia de produto da empresa. Pôde, deste modo, testar-se a aplicação da metodologia de DFSS a uma situação de variedade espacial, que, de outro modo, teria sido difícil de realizar. Os principais objectivos definidos para a realização deste projecto foram os seguintes:

- Identificar potenciais projectos que pudessem ser contextualizados numa vertente de DFSS, procedendo depois à selecção do mais promissor, utilizando, para tal, as duas primeiras fases do modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma sugerido na secção 5.3 da tese.
- Planear e realizar o projecto de DFSS seleccionado, através da metodologia proposta na secção 5.4 desta tese, assente no mapa IDOV (*Identify, Design, Optimise, Validate*).
- Testar a aplicação da metodologia de DFSS num contexto de variedade espacial.
- Verificar a eficácia e a aplicabilidade prática do modelo de gestão do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma e da metodologia de DFSS referidos.

7.3.3. Realização do caso de aplicação

Este caso de aplicação arrancou no final de 2007, tendo sido iniciado com a identificação de oportunidades de inovação e, a partir destas, de potenciais projectos de DFSS. A Sapa BS Portugal manifestou, desde o princípio, interesse em que o projecto de DFSS pudesse incidir nos seus produtos de caixilharia de batente com ruptura térmica. O projecto acabou por incidir, não num produto específico, mas numa plataforma de onde pudessem derivar três variantes do sistema de caixilharia de batente com ponte de ruptura térmica. As próximas subsecções estão organizadas em consonância com a sequência de fases que constituem o modelo de gestão de ciclo de vida de projectos Seis Sigma, apresentado na secção 5.3 do capítulo 5.

7.3.3.1. Identificação e proposta de potenciais projectos de DFSS

Dada a preferência da Sapa BS Portugal em que a aplicação da abordagem de DFSS se centrasse no apoio à concepção e desenvolvimento de um sistema de batente com ruptura térmica, o espaço para a identificação de oportunidades de inovação ficou automaticamente delimitado. Em articulação com a área de desenvolvimento e engenharia de produto e da divisão de *marketing*, foram detectadas algumas oportunidades de inovação, sendo de destacar as seguintes:

- Desenvolvimento de novas soluções de ruptura térmica que reduzam a pegada ecológica do produto, actualmente penalizada pelo facto de se recorrer ao plástico injectado, colocado entre perfis de alumínio, para impedir a condução do calor através do metal.
- Introdução de maior personalização da caixilharia, tanto a nível da oferta de diferentes opções estéticas e decorativas, como de funcionalidades ou atributos opcionais do produto.
- Aumento do desempenho em relação aos critérios fundamentais (sobretudo a nível térmico e acústico), reduzindo simultaneamente os custos com o material construtivo da caixilharia.
- Utilização de novos materiais para os caixilhos que permitam uma maior versatilidade na aplicação dos sistemas de batente a diferentes contextos arquitectónicos.

A identificação deste leque de oportunidades de inovação conduziu à formulação dos dois seguintes potenciais projectos de DFSS:

- Desenvolvimento de um novo produto de caixilharia em alumínio com ruptura térmica, a adicionar ao actual portefólio dos sistemas de batente da Sapa.
- Desenvolvimento de um sistema de caixilharia batente em alumínio com ruptura térmica, que constitua uma plataforma, a partir da qual possam derivar três modelos/variantes dirigidos a diferentes necessidades de mercado.

7.3.3.2. Selecção do melhor projecto de DFSS

A escolha, feita conjuntamente com a área de desenvolvimento e engenharia de produto, recaiu sobre o segundo dos potenciais projectos acima referidos. Esta decisão, tomada numa das reuniões realizadas com a Sapa, justificou-se essencialmente pelos motivos seguintes:

- O enfoque no desenvolvimento de uma plataforma, e não apenas de um produto individual, permitiria a tomada de decisões conceptuais conducentes a uma maior racionalização dos vários tipos de perfilados e acessórios usados nos diferentes modelos de batente.
- Possibilitaria que a aplicação da metodologia de DFSS, proposta nesta tese, fosse testada numa situação de variedade espacial e não, tão somente, ao caso mais vulgar do desenvolvimento de um produto singular.

A avaliação dos potenciais projectos dispensou o recurso a qualquer metodologia formal, pois os interesses convergiram todos para a selecção do projecto de DFSS referido.

7.3.3.3. Planeamento do projecto de DFSS seleccionado

O projecto de DFSS escolhido foi planeado, tendo daí resultado a elaboração da Declaração de Projecto e do plano de projecto, este último contendo uma matriz RACI (para a definição e comunicação de papéis e responsabilidades) e um gráfico de Gantt (para a programação temporal das actividades). Ambos os documentos encontram-se disponíveis para consulta, no apêndice XXI.2.

7.3.3.4. Realização do projecto de DFSS seleccionado

O projecto de DFSS foi executado através da metodologia proposta na secção 5.4 do capítulo 5, a qual adopta o mapa de referência IDOV. Ao longo das subsecções seguintes, descrevem-se as actividades desenvolvidas no decurso deste projecto e os principais resultados obtidos.

7.3.3.4.1. Fase de Identificação – *Identify*

O projecto de DFSS iniciou-se com a construção do CVCA (*Customer Value Chain Analysis*) para melhor compreender a cadeia de valor associada ao negócio dos sistemas de caixilharia de batente em alumínio com ponte de ruptura térmica, os *stakeholders* nela envolvidos e a interrelação entre os mesmos. O resultado obtido encontra-se representado na figura 7.17. A prioritização dos *stakeholders* indicados no CVCA, tendo em vista o levantamento de necessidades, expectativas e de outros

requisitos aplicáveis ao sistema de batente (e suas variantes), fez-se através de uma matriz de poder *versus* interesse, cujos resultados estão indicados na figura 7.18.

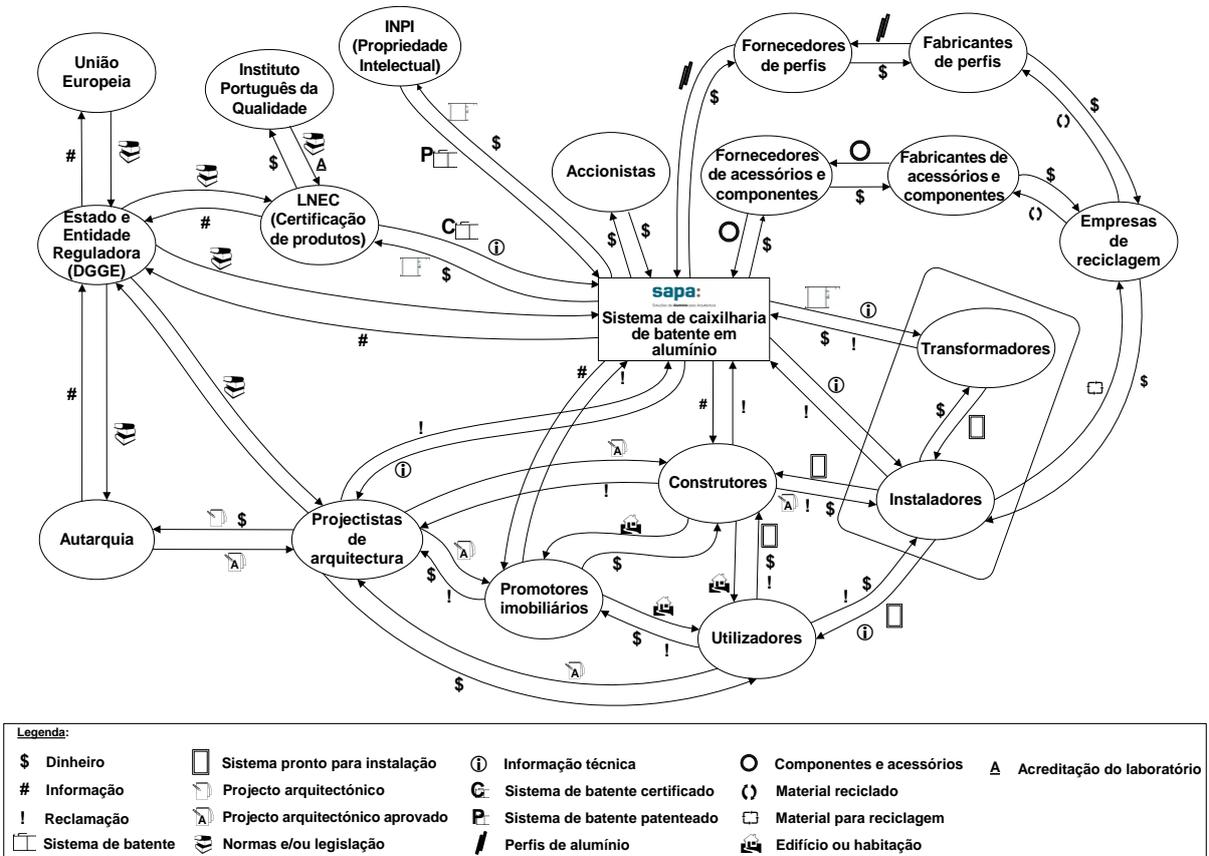


Figura 7.17 – CVCA referente ao sistema de batente, em alumínio, com ruptura térmica da Sapa.

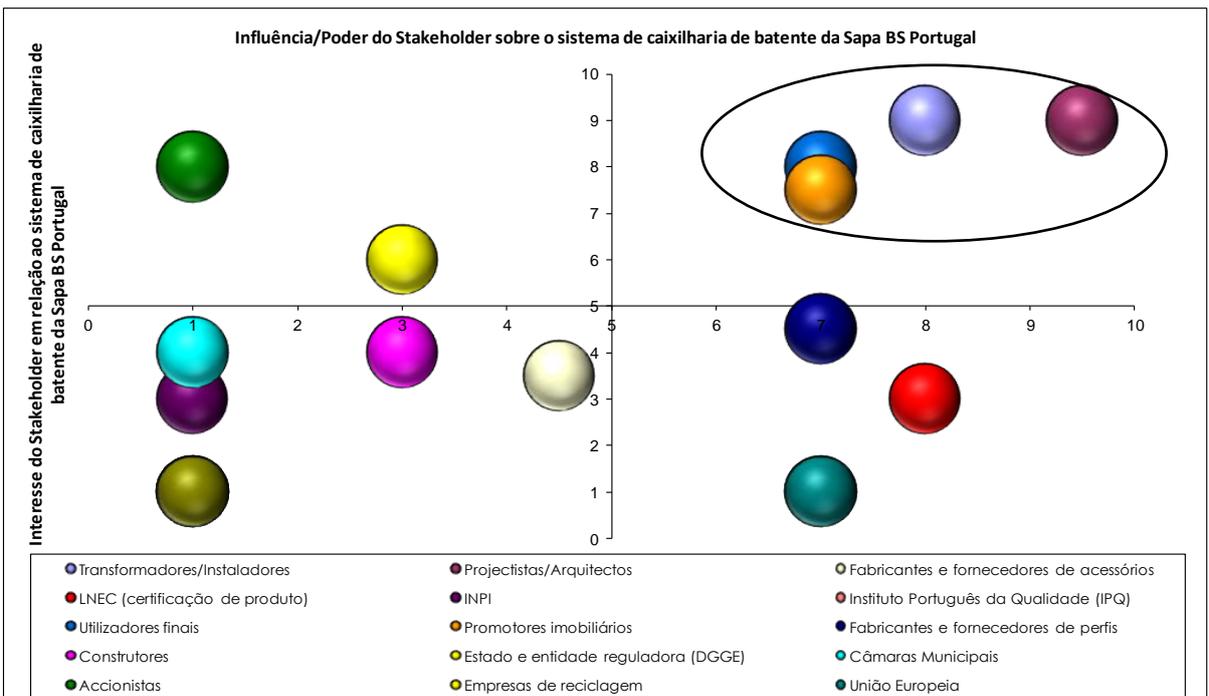


Figura 7.18 – Matriz de poder vs. interesse para priorização dos stakeholders contidos no CVCA.

A análise da matriz da figura 7.18 permitiu concluir existirem quatro grupos relevantes de *stakeholders*:

- *Transformadores e instaladores* – Empresas de serralharia que efectuam, em oficinas próprias para o efeito, operações de transformação (e.g. corte de perfis, fresagem, cunhagem) e montagem (e.g. de aros fixos e móveis, vedantes, acessórios, pontos de fecho) da caixilharia.
- *Utilizadores* – Pessoas que utilizam o sistema de caixilharia de forma regular, periódica ou esporádica, seja em sua casa, no trabalho ou noutra situação.
- *Projectistas/arquitectos* – Entidades singulares ou colectivas que elaboram o projecto de arquitectura, que incorpora os sistemas de caixilharia.
- *Promotores imobiliários* – Empresas ou agentes responsáveis pela comercialização de um determinado empreendimento imobiliário.

Todos estes *stakeholders* são potenciais clientes directos dos produtos fornecidos pela Sapa BS Portugal, pelo que todos são considerados grupos de clientes. O grupo referente aos utilizadores, por indicação da Sapa, foi ainda subdividido em cinco segmentos principais: (1) Residencial; (2) Hotéis e restauração; (3) Escritórios; (4) Saúde (hospitais, centros de saúde); (5) Educação (universidades, escolas, jardins de infância).

Antes de encetar um vasto conjunto de entrevistas, abrangendo a totalidade dos grupos de clientes referidos, efectuou-se um levantamento prévio de dados, que pudessem revelar “vozes” conducentes a uma primeira determinação de necessidades e expectativas, oriundos de fontes retroactivas, internas e externas, nomeadamente as seguintes: reclamações de clientes, inquéritos à satisfação dos clientes, relatórios técnicos e documentos externos relevantes publicados³¹.

A recolha proactiva de “vozes” e, eventualmente, de “imagens”, para posterior análise e conversão em necessidades e expectativas, fez-se através de um alargado conjunto de entrevistas presenciais. Conforme indica o quadro 7.8, procurou-se assegurar, como é boa prática, um mínimo de 12 entrevistas por *stakeholder* ou grupo de clientes. Foram ainda efectuadas, adicionalmente, seis entrevistas internas na Sapa BS Portugal, procurando aproveitar a experiência e conhecimento de alguns colaboradores sobre o sector. A empresa facilitou o acesso a algumas empresas ou individualidades, representando os quatro grupos relevantes de clientes, contribuindo assim para viabilizar parte das entrevistas planeadas. Todavia, por algumas situações de indisponibilidade e/ou por restrições de tempo, não foi possível efectuar todas as entrevistas pretendidas. Ainda assim, com um total de 38 entrevistas, conseguiu-se compilar um conjunto amplo e completo de dados que permitiu caracterizar relativamente bem as necessidades, expectativas e requisitos deste mercado, bem como compreender algumas particularidades nas necessidades de cada grupo de clientes.

Os resultados das 38 entrevistas presenciais, juntamente com os dados obtidos no levantamento retroactivo preliminar, foram analisados, o que permitiu apurar um vasto leque de “vozes” que foram, por sua vez, convertidas em necessidades e expectativas através da estrutura fornecida pela tabela VOC. Uma das tabelas VOC, resultantes deste exercício, encontra-se no apêndice XXI.3.

³¹ Nomeadamente as seguintes referências: Viegas (2003), Chaves (2004), Martins (2004) e Teixeira (2005).

Quadro 7.8 – Número de entrevistas presenciais planeadas e realizadas por *stakeholder*.

<i>Stakeholder</i>	Segmento	N.º entrevistas planeadas	N.º entrevistas realizadas
Utilizadores	Residencial	6	6
	Hotéis e restauração	3	1
	Escritórios	3	3
	Saúde	3	1
	Educação	3	1
Transformadores e instaladores		12	9
Grupos/empresas de imobiliário		12	5
Projectistas/Arquitectos		12	6
Colaboradores da Sapa		6	6
		TOTAL = 60	TOTAL = 38

Apuraram-se, ao todo, 138 necessidades e expectativas. A estas, adicionaram-se 2 requisitos legais, que se concluiu estarem ainda por contemplar, e 5 objectivos internos da Sapa. Assim, no total, obtiveram-se 145 requisitos aplicáveis ao sistema de batente a desenvolver (figura 7.19).



Figura 7.19 – Apuramento do total de requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura de ponte térmica, antes de se dar início ao processo de refinamento.

Dado o elevado número de requisitos obtidos, procedeu-se à aplicação do processo de refinamento apresentado na subsecção 5.4.1.3 do capítulo 5. No final dos quatro estádios deste processo, foi possível chegar a um total de 37 requisitos (figura 7.20).

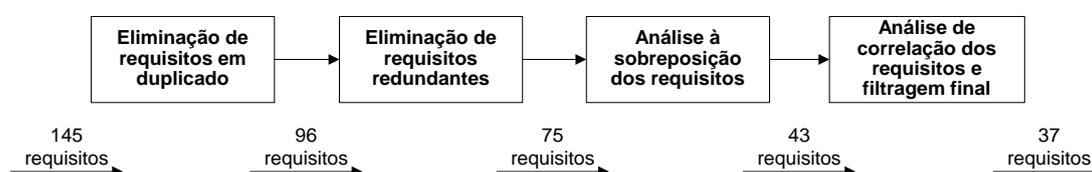


Figura 7.20 – Resultados da aplicação do processo de refinamento dos requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura de ponte térmica.

De seguida, estes 37 requisitos foram organizados e relacionados através de um diagrama de afinidades, que se encontra disponível no apêndice XXI.4. Cinco destes requisitos correspondem a requisitos/objectivos da Sapa BS Portugal. A análise dos outros 32 requisitos permitiu determinar, em que medida, os mesmos eram aplicáveis à totalidade dos grupos de clientes considerados, ou, se pelo contrário, eram exclusivos a algum(uns) deles. Esta análise à heterogeneidade dos requisitos, contida no quadro XXI.2 do apêndice XXI.5, permitiu igualmente a identificação de:

- Requisitos comuns aos grupos de clientes, mas estando provavelmente associados a características da qualidade que exigem níveis diferenciados de desempenho para as variantes previstas do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica.
- Requisitos comuns aos grupos de clientes, mas associados a necessidades de personalização ou diferenciação de natureza estética e/ou decorativa.
- Requisitos, comuns ou não comuns aos grupos de clientes, relacionados com necessidades de personalização ou diferenciação, a satisfazer por soluções extra ou opcionais a incorporar numa ou mais variantes do sistema de caixilharia.

Com o objectivo de estimar o grau de importância atribuído a cada requisito, por parte dos diferentes grupos e segmentos de clientes, bem como de apurar a categoria do modelo de Kano que melhor se enquadrasse no perfil desses grupos e segmentos, elaboraram-se três versões (A, B e C) de um questionário que combina e integra, num só documento, as duas vertentes: (1) questionário sobre o grau de importância dos requisitos (utilizando uma escala intervalar linear composta por 9 pontos); (2) questionário de Kano com cinco níveis de resposta. Cada uma das versões foi desenhada tendo em conta a heterogeneidade dos requisitos determinada anteriormente. A estratégia de elaboração destes questionários³² encontra-se indicada no quadro XXI.3 do apêndice XXI.6. Por seu turno, as versões finais de cada um dos três questionários podem ser consultadas no apêndice XXI.8.

O fluxograma exibido na figura 7.21 mostra o trajecto seguido, desde a elaboração preliminar dos questionários até ao apuramento final dos resultados.

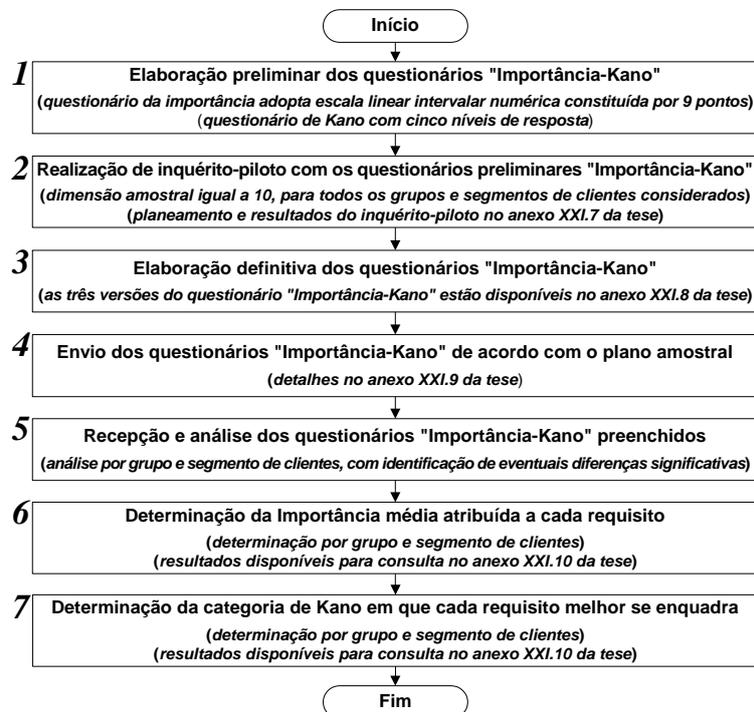


Figura 7.21 – Processo conducente à determinação, através de questionários “Importância-Kano”, do grau importância e da categoria de Kano, relativos a cada requisito aplicável ao sistema de batente com ruptura térmica, do ponto de vista dos vários grupos e segmentos de clientes.

³² Nem os requisitos referentes aos objectivos da Sapa, nem aqueles relacionados com o serviço/assistência ao cliente foram abrangidos pelos questionários.

Na fase-piloto, inquiriram-se 10 representantes de cada um dos grupos e segmentos³³ de clientes considerados relevantes, o que permitiu, na terceira etapa indicada no fluxograma, melhorar a formulação de algumas das perguntas dos questionários, conduzindo assim à sua versão definitiva. Os resultados dos inquéritos-piloto também contribuíram para delinear o plano amostral, nomeadamente no que respeita à determinação da dimensão amostral mínima, relativa ao envio dos questionários “Importância-Kano”. Mais informação sobre esse plano amostral encontra-se disponível no apêndice XXI.9.

Os resultados finais, determinados a partir da análise dos inquéritos recepcionados e validados, estão todos indicados no apêndice XXI.10. Conforme se pode ver neste apêndice, foi possível determinar, na opinião de cada um dos quatro grupos de clientes, a seguinte informação, possibilitando uma análise mais a fundo sobre semelhanças e diferentes desses grupos relativamente a cada um dos requisitos aplicáveis aos sistema de caixilharia:

- 1) O grau de importância atribuído a cada requisito.
- 2) A categoria do modelo de Kano em que melhor se enquadra o requisito.
- 3) Os valores dos coeficientes *CS* (coeficiente de satisfação) e *DS* (coeficiente de insatisfação).

Esta análise foi importante, na medida em que permitiu à equipa de projecto de DFSS tirar algumas conclusões acerca de factores de heterogeneidade existentes entre esses quatro grupos de clientes.

Para os requisitos com maior grau de importância, verificou-se, através da aplicação da análise de variância (ANOVA), não haver diferenças significativas nos valores dos graus de importância atribuídos pelos cinco segmentos de utilizadores; por este motivo, determinou-se um único grau de importância médio representativo de todos eles. Este passo foi dado após verificar-se também que esses cinco segmentos de utilizadores atribuíram, em praticamente todos os requisitos, a mesma categoria do modelo de Kano.

Constatou-se também que três dos requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica, a nível do seu posicionamento na matriz dos coeficientes *CS/DS* (figura 5.20 do capítulo 5), se enquadram pontualmente no quadrante “menos relevante”, mas nenhum deles se posicionou nesse quadrante, simultaneamente, para todos os quatro grupos de clientes em análise. Por esse motivo, a totalidade dos requisitos, que foram alvo de tratamento através do questionário “Importância-Kano”, foram incluídos na *Variety House of Quality* (VHoQ), posteriormente construída.

Antes de se proceder à construção da VHoQ, considerou-se ser necessário, em conjunto com a área de desenvolvimento e engenharia do produto, delinear estratégias de mercado para cada um dos modelos (as variantes) do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica: *W-Plus* (modelo topo de gama), *W-Energy* (modelo de gama intermédia) e *W-Save* (modelo de gama económica). Para esse efeito, utilizaram-se matrizes de Meyer e Lehnerd, como aquela exibida na figura 7.22, para os posicionar relativamente aos segmentos do mercado de utilizadores, e face aos parâmetros diferenciadores de desempenho (comportamento térmico, comportamento acústico, estanquidade à água e resistência ao vento).

³³ O grupo de clientes referente ao utilizadores foi segmentado de acordo com o indicado no quadro 7.8.

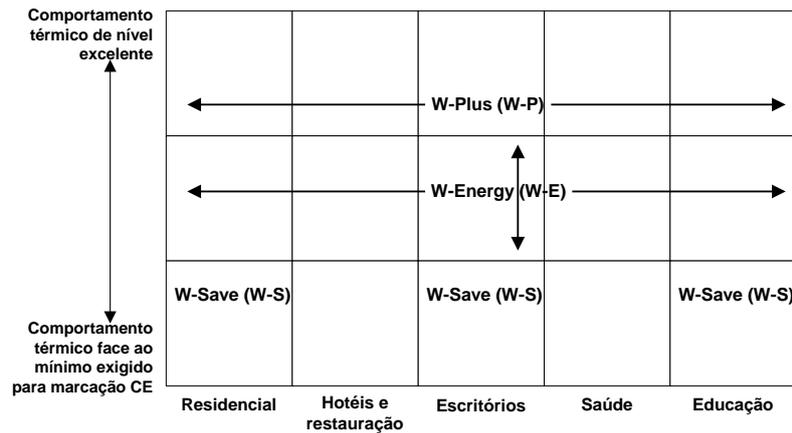


Figura 7.22 – Matriz de Meyer e Lehnerd para posicionar os três modelos do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica, relativamente aos níveis de desempenho térmico pretendidos para os mesmos, e segmentos-alvo de utilizadores para cada um desses modelos.

A fase de *Identify* deste projecto de DFSS terminou com a determinação das características críticas para a qualidade (CTQCs) do sistema de caixilharia de batente com ponte de ruptura térmica. Para isso, procedeu-se à construção da *Variety House of Quality* (VHoQ), através do preenchimento da maioria das suas matrizes. A VHoQ, obtida nesta aplicação, encontra-se representada no apêndice XXI.12. Ao contrário da VHoQ desenvolvida no projecto da TNT, decidiu-se, neste caso, incluir a matriz das correlações entre as CTQCs (telhado da VHoQ), dada a importância de estudar o comportamento combinado de alguns parâmetros físicos com influência no desempenho final. A matriz de correlações entre as CTQCs encontra-se nesse mesmo apêndice, mas à parte, meramente para facilitar a sua visualização. Esta VHoQ reflecte a presença de variedade espacial, visível principalmente no seguinte:

- A matriz dos requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica (quarto 1), contém os graus de importância e toda a informação proveniente do modelo de Kano, organizados por grupo de clientes.
- A matriz das definições operacionais (quarto 6) contém as especificações das CTQCs que, nalguns casos, requerem níveis de desempenho diferenciados entre os três modelos previstos para o sistema de caixilharia.

7.3.3.4.2. Fase de Concepção – *Design*

Nesta fase do projecto, começou-se por identificar as funções básicas do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica. No total, identificaram-se as seguintes quatro funções básicas:

- 1) Proporcionar conforto e bem-estar no espaço interior.
- 2) Permitir acesso a luz natural.
- 3) Permitir ventilar o espaço interior.
- 4) Proporcionar segurança a pessoas e bens

A partir destas funções básicas, formularam-se os correspondentes seguintes requisitos funcionais de processo, nesta altura ainda sem índice atribuído, em virtude de se desconhecer a ordem em que os mesmos deveriam constar na matriz de projecto a construir:

- FR_{processo} = Proporcionar os níveis de desempenho que assegurem o conforto pretendido para o espaço interior.
- FR_{processo} = Assegurar os níveis de transparência para permitir o acesso pretendido a luz natural.
- FR_{processo} = Permitir a ventilação do espaço interior.
- FR_{processo} = Assegurar os níveis requeridos de segurança para pessoas e bens.

Dada a ausência de variedade temporal, não se estabeleceu qualquer requisito funcional associado a uma função de comando e controlo. Considerou-se, no entanto, ser necessário incluir um requisito funcional inerente a uma função de suporte e integração, devido à presença de variedade espacial:

- FR_{suporte&integração} = Integrar módulos de cada modelo do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica.

Os requisitos funcionais (FRs) e contrangimentos (Cs) definidos para o sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica, bem como a sua relação com os 37 requisitos resultantes do processo de refinamento efectuado na fase de *Identify*, estão descritos no quadro 7.9.

Quadro 7.9 – Lista de requisitos funcionais e contrangimentos, suas tipificações e codificações, e sua relação com os 37 requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica.

Requisitos funcionais			Requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura de ponte térmica																																											
Código	Descrição	Tipo(s)	f _{e1}	f _{e2}	f _{e3}	f _{e4}	f _{e5}	f _{e6}	f _{e7}	f _{e8}	f _{e9}	f _{e10}	f _{e11}	f _{e12}	f _{e13}	f _{e14}	f _{e15}	f _{e16}	f _{e17}	f _{e18}	f _{e19}	f _{e20}	f _{e21}	f _{e22}	f _{e23}	f _{e24}	f _{e25}	f _{e26}	f _{e27}	f _{e28}	f _{e29}	f _{e30}	f _{e31}	f _{e32}	f _{e33}	f _{e34}	f _{e35}	f _{e36}	f _{e37}							
FR ₁	Proporcionar os níveis de desempenho que assegurem o nível do conforto pretendido para o espaço interior	Função básica / Função de processo	X	X	X	X	X			X										X																				X	X					
FR ₂	Assegurar os níveis de transparência para permitir o acesso pretendido a luz natural	Função básica / Função de processo				X	X	X	X						X																												X			
FR ₃	Permitir a ventilação do espaço interior	Função básica / Função de processo				X	X	X							X																												X			
FR ₄	Assegurar os níveis requeridos de segurança para pessoas e bens	Função básica / Função de processo							X	X	X								X	X	X	X	X	X																			X			
FR ₅	Integrar módulos de cada modelo do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica	Função secundária / função de suporte e integração																																								X	X			
Contrangimentos			Requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura de ponte térmica																																											
Código	Descrição	Tipo(s)	f _{e1}	f _{e2}	f _{e3}	f _{e4}	f _{e5}	f _{e6}	f _{e7}	f _{e8}	f _{e9}	f _{e10}	f _{e11}	f _{e12}	f _{e13}	f _{e14}	f _{e15}	f _{e16}	f _{e17}	f _{e18}	f _{e19}	f _{e20}	f _{e21}	f _{e22}	f _{e23}	f _{e24}	f _{e25}	f _{e26}	f _{e27}	f _{e28}	f _{e29}	f _{e30}	f _{e31}	f _{e32}	f _{e33}	f _{e34}	f _{e35}	f _{e36}	f _{e37}							
C-1a	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho exposto, não inferior a E1050A, para modelo W-Plus	Especif. crítica desempenho	X																																							X	X			
C-1b	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho exposto, não inferior a E750A, para modelo W-Energy	Especif. crítica desempenho	X																																								X	X		
C-1c	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho exposto, não inferior a 8A, para modelo W-Save	Especif. crítica desempenho	X																																								X	X		
C-2a	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho abrigado, não inferior a E1200B, para modelo W-Plus	Especif. crítica desempenho	X																																								X	X		
C-2b	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho abrigado, não inferior a E900B, para modelo W-Energy	Especif. crítica desempenho	X																																									X	X	
C-2c	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho abrigado, não inferior a E750B, para modelo W-Save	Especif. crítica desempenho	X																																									X	X	
C-3a	Ter nível de desempenho acústico não inferior a 42 dB, para modelo W-Plus	Especif. crítica desempenho			X					X																																		X	X	
C-3b	Ter nível de desempenho acústico não inferior a 40 dB, para modelo W-Energy	Especif. crítica desempenho			X					X																																		X	X	
C-3c	Ter nível de desempenho acústico não inferior a 38 dB, para modelo W-Save	Especif. crítica desempenho			X					X																																		X	X	
C-4a	Ter coeficiente de transmissão térmica não superior a 2,8 Uw, para modelo W-Plus	Especif. crítica desempenho		X			X			X																																		X	X	
C-4b	Ter coeficiente de transmissão térmica não superior a 3,2 Uw, para modelo W-Energy	Especif. crítica desempenho		X			X			X																																		X	X	
C-4c	Ter coeficiente de transmissão térmica não superior a 3,8 Uw, para modelo W-Save	Especif. crítica desempenho		X			X			X																																		X	X	
C-5a	Ter classe de resistência ao vento não inferior a B5, para modelos W-Plus e W-Energy	Especif. crítica desempenho							X	X	X	X														X	X																		X	X
C-5b	Ter classe de resistência ao vento não inferior a B4, para modelo W-Save	Especif. crítica desempenho							X	X	X	X														X	X																		X	X
C-6	Ter uma classe de permeabilidade ao ar não inferior a Classe 4	Especif. crítica desempenho				X	X																																					X	X	
C-7	Ser fácil de manusear (abrir, fechar, movimentar)	Interface			X		X	X	X	X				X	X		X	X	X	X							X	X																		
C-8	Proteger contra queda	Interface						X	X	X				X			X		X		X					X	X																			
C-9	Permitir personalização e opções extra	Interface							X			X	X	X	X		X		X	X	X	X							X																	
C-10	Permitir adaptar a diferentes dimensões de vãos	Interface						X	X	X	X	X	X	X																								X	X							
C-11	Ter boa durabilidade e conservação	Global								X	X										X	X																								
C-12	Ser fácil de manter e reparar	Global					X										X	X																												
C-13	Ser amigo do ambiente	Global	X		X																																								X	
C-14	Minimizar os custos de ciclo de vida	Global																																											X	
C-15	Cumprir com todas as normas e regulamentos aplicáveis	Global																																											X	
C-16	Simplificar o processo de transformação e instalação	Global																																											X	
C-17	Ter um bom preço de venda, adequado a cada gama/variante	Global																																											X	
C-18	Assegurar uniformização de acessórios e componentes	Global																																												

Por sua vez, o impacto dos constrangimentos nos cinco requisitos funcionais encontra-se indicado no quadro 7.10. Os números dos índices definidos para os cinco FRs referidos constam já destes dois quadros.

Quadro 7.10 – Tipificação dos constrangimentos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica e seu impacto no conjunto inicial de cinco requisitos funcionais.

Código	Fonte	Constrangimentos Descrição do constrangimento	Requisitos funcionais					Verificação
			FR ₁	FR ₂	FR ₃	FR ₄	FR ₅	
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)								
C-1a	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho exposto, não inferior a E1050A, para modelo W-Plus	X				X	Ensaio / testes
C-1b	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho exposto, não inferior a E750A, para modelo W-Energy	X				X	Ensaio / testes
C-1c	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho exposto, não inferior a 8A, para modelo W-Save	X				X	Ensaio / testes
C-2a	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho abrigado, não inferior a E1200B, para modelo W-Plus	X				X	Ensaio / testes
C-2b	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho abrigado, não inferior a E900B, para modelo W-Energy	X				X	Ensaio / testes
C-2c	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter classe de estanquidade à água, com caixilho abrigado, não inferior a E750B, para modelo W-Save	X				X	Ensaio / testes
C-3a	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter nível de desempenho acústico não inferior a 42 dB, para modelo W-Plus	X				X	Ensaio / testes
C-3b	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter nível de desempenho acústico não inferior a 40 dB, para modelo W-Energy	X				X	Ensaio / testes
C-3c	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter nível de desempenho acústico não inferior a 38 dB, para modelo W-Save	X				X	Ensaio / testes
C-4a	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter coeficiente de transmissão térmica não superior a 2,8 Uw, para modelo W-Plus	X				X	Ensaio / testes
C-4b	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter coeficiente de transmissão térmica não superior a 3,2 Uw, para modelo W-Energy	X				X	Ensaio / testes
C-4c	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter coeficiente de transmissão térmica não superior a 3,8 Uw, para modelo W-Save	X				X	Ensaio / testes
5a	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter classe de resistência ao vento não inferior a B5, para modelos W-Plus e W-Energy	X	X		X	X	Ensaio / testes
5b	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter classe de resistência ao vento não inferior a B4, para modelo W-Save	X	X		X	X	Ensaio / testes
C-6	SAPA Desenvol. Engenharia de Produto	Ter uma classe de permeabilidade ao ar não inferior a Classe 4	X		X		X	Ensaio / testes
Constrangimentos de interface (Interface constraints)								
C-7	Clientes	Ser fácil de manusear (abrir, fechar, movimentar)		X	X	X	X	Ensaio / testes
C-8	Clientes e entidades reguladoras	Proteger contra queda		X		X	X	Ensaio / testes
C-9	Clientes	Permitir personalização e opções extra		X	X	X	X	Constatação directa
C-10	Clientes	Permitir adaptar a diferentes dimensões de vãos e envidraçados	X	X	X		X	Ensaio / testes
Constrangimentos globais (Global constraints)								
C-11	Clientes	Ter boa durabilidade e conservação	X	X	X	X	X	Ensaio / testes
C-12	Clientes	Ser fácil de manter e reparar	X	X	X	X	X	Ensaio / testes
C-13	SAPA e sociedade em geral	Ser amigo do ambiente	X	X	X	X	X	Cálculo de métrica/indicador
C-14	SAPA BS	Minimizar os custos de ciclo de vida	X	X	X	X	X	Análise de custos
C-15	Entidades reguladoras	Cumprir com todas as normas e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	Ensaio/testes e inspeção
C-16	Transformadores e instaladores	Simplificar o processo de transformação e instalação	X	X	X	X	X	Análise ao processo
C-17	SAPA BS	Assegurar uniformização de acessórios e componentes	X	X	X	X	X	Cálculo de métrica/indicador
C-18	Clientes	Ter um bom preço de venda, adequado a cada gama	X	X	X	X	X	Constatação directa
Constrangimentos de projecto (Project constraints)								
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)								

A tabela FR/DR, indicada no quadro 7.11, descreve os elementos de solução (DPs) que foram definidos para satisfazer os cinco FRs anteriormente referidos. Estes DPs foram também definidos de modo a assegurar os constrangimentos aplicáveis. Repare-se, na tabela FR/DP, que o elemento de solução DP₃ escolhido, pode ser o DP_{3a} ou o DP_{3b}; essa escolha depende unicamente da tipologia (mecanismo de abertura) pretendida para a porta ou janela, e não do modelo de sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica. As tipologias com abertura de 1 folha (DP_{3a}) e de 2 folhas (DP_{3b}) estão disponíveis para os três modelos ou variantes. A figura 7.23 pode ajudar a compreender este raciocínio; esta figura mostra também outras estratégias de personalização do produto, para além da de mecanismos, que são transversais às variantes: personalização na estética e

personalização feita através de mecanismos opcionais que podem ser incorporados na caixilharia. A personalização, feita exclusivamente através das variantes do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica faz-se através dos níveis diferenciados de desempenho.

Quadro 7.11 – Tabela FR/DP para os conjuntos iniciais de FRs e DPs, referentes ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica.

Requisito funcional (FR) de maior ordem						Elemento de solução / Parâmetro de projecto				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR ₀	Fornecer soluções de arquitectura para portas e janelas, que possam ser usadas consoante os requisitos e as necessidades de utilização e de desempenho					Sistema de caixilharia de batente, em alumínio, com ponte de ruptura térmica, composto por três modelos ou variantes diferentes	DP ₀	Tipo I		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais			Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Necessidade	Transformação							
FR ₁	Uso	Básica	Processo	Útil		Proporcionar os níveis de desempenho que assegurem o conforto pretendido para o espaço interior	Desempenhos face às condições ambientais e de renovação de ar	DP ₁	Tipo II	
FR ₂	Uso	Básica	Processo	Útil		Assegurar os níveis de transparência para permitir o acesso pretendido a luz natural	Disponibilidade para enchimentos de envidraçado	DP ₂	Tipo II	
FR ₃	Uso	Básica	Processo	Útil		Permitir a ventilação do espaço interior	Sistema de abertura e fecho da janela ou porta	DP ₃		
							a) Batente com abertura de 1 folha	DP _{3a}	Tipo III	
						b) Batente com abertura de 2 folhas	DP _{3b}	Tipo III		
FR ₄	Uso	Básica	Processo	Útil		Assegurar os níveis requeridos de segurança para pessoas e bens	Desempenhos de segurança face à intrusão e à utilização	DP ₄	Tipo II	
FR ₅	Uso	Secundária	Suporte e integração	Útil		Integrar módulos de cada modelo do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica	Conjunto de ligações, encaixes e integradores da estrutura	DP ₅	Tipo II	

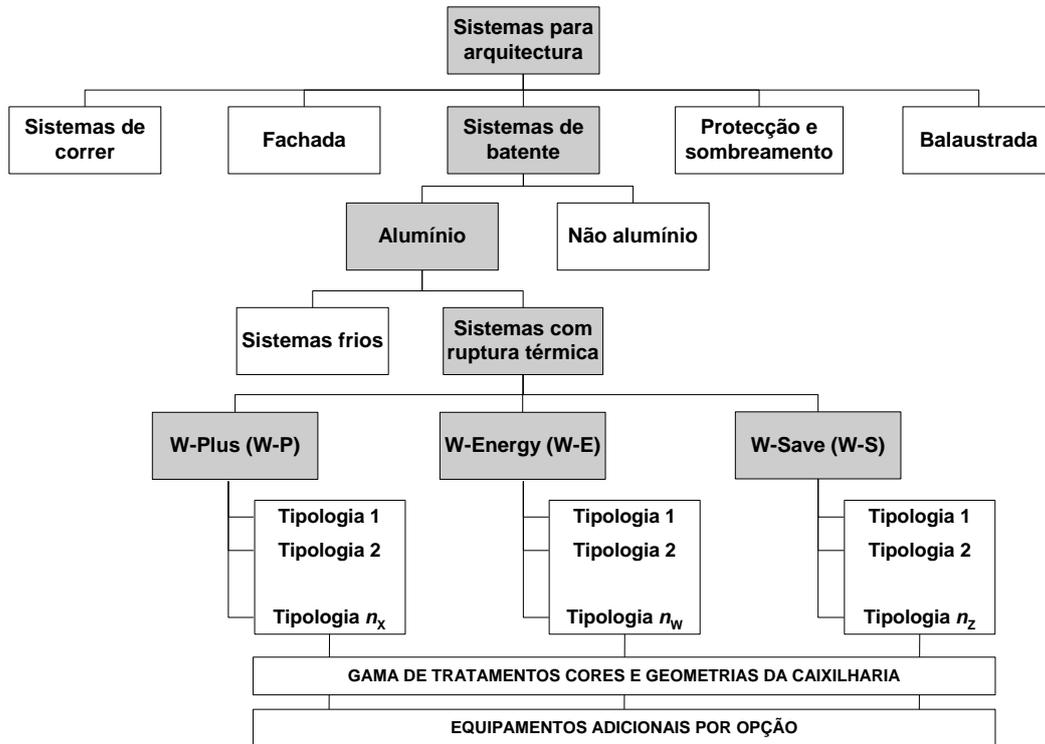


Figura 7.23 – Enquadramento do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica e estratégias para personalização.

A matriz de projecto que relaciona os conjuntos iniciais de FRs e de DPs encontra-se representada na equação seguinte:

$$\left\{ \begin{array}{l} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{ccccc} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ ? & X & 0 & 0 & 0 \\ ? & ? & X & 0 & 0 \\ ? & ? & ? & X & 0 \\ X & X & X & X & X \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{l} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_{3(a,b)} \\ DP_4 \\ DP_5 \end{array} \right\} \quad (7.2)$$

Os pontos de interrogação que constam da matriz de projecto apenas indicam que, nesta altura e antes de encetar a decomposição, o grau de certeza dessas relações era ainda diminuto. A intenção, que está aliás espelhada através dos termos “0” na parte triangular superior da matriz de projecto, era a de assegurar a independência funcional.

A concepção e desenvolvimento pormenorizados do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica foram concretizados através do processo de decomposição, aplicando, para tal, o método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV) proposto na tese. A aplicação deste método e os resultados obtidos constam do apêndice XXI.11.

7.3.3.4.3. Fases de Optimização e Validação – *Optimise e Validate*

No final da decomposição, não se conseguiu assegurar a independência dos requisitos funcionais, o que era a intenção inicial da equipa de DFSS, conforme se viu na matriz de projecto anterior. Esta situação de acoplamento funcional iria provocar iterações indesejáveis na optimização funcional. Para minimizar o grau de acoplamento, procedeu-se à reordenação das matrizes globais de projecto que resultaram da decomposição (três ao todo, uma por cada modelo do sistema de caixilharia de batente com sistema de ruptura térmica). Os resultados dessa reordenação também se encontram no apêndice XXI.11.

Infelizmente, não foi possível realizar a optimização funcional de, pelo menos, uma das variantes. Diferentes restrições impediram que se pudesse construir um protótipo e efectuar optimização por experimentação, ou proceder a optimização por meio de simulação. Por consequência desta situação, a fase de validação também não foi realizada.

Mesmo não tendo sido possível prosseguir o projecto com as actividades de optimização operacional e de validação final, neste projecto conseguiram-se testar todos os procedimentos metodológicos de ordem conceptual, o que permitiu aplicar a grande maioria das contribuições pretendidas para a metodologia de DFSS proposta na tese.

7.3.3.5. Pós-projecto

A fase de pós-projecto ficou concluída com a elaboração do relatório do projecto de DFSS, que corresponde às linhas escritas ao longo desta secção da tese, relativo ao caso de aplicação realizado na Sapa BS Portugal.

7.4. Conclusões

7.4.1. Conclusões do caso de aplicação na TNT Portugal

Com base na análise dos resultados obtidos, apresentam-se seguidamente as conclusões mais relevantes para o caso de aplicação realizado na TNT Portugal:

- Conseguiu-se aplicar todas as fases do mapa IDOV e, simultaneamente, percorrer as cinco fases que constituem o modelo de gestão de ciclo de vida de projectos Seis Sigma.
- Antes da realização do projecto de DFSS, foi necessário proceder à identificação de oportunidades de inovação e, a partir destas, determinar potenciais projectos de DFSS com real interesse para a empresa. A realização do projecto de DFSS estava condicionada pela superação do desafio de detectar boas oportunidades de inovação para o negócio. Por este motivo, foi possível testar com detalhe o processo de identificação e proposta de potenciais projectos de DFSS, inseridos na fase 1 do modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma. O processo, na verdade, revelou ser bastante eficaz, dado o leque de oportunidades de inovação detectadas, algumas delas bastante elogiadas.
- Os potenciais projectos de DFSS, determinados a partir das oportunidades de inovação anteriormente identificadas, foram avaliados em sede de reunião de Direcção, tendo sido seleccionado o projecto relativo à concepção e desenvolvimento de um novo serviço de transportes e de serviços complementares ao transporte, dirigido para os mercados de eventos e campanhas de *marketing*. O enquadramento dos potenciais projectos de DFSS, sua avaliação e selecção final processaram-se de acordo com o previsto na fase 2 do modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, permitindo concluir, através desta experiência, sobre a sua eficácia.
- O posicionamento do projecto de DFSS relativamente às três dimensões analisadas na tese, foi a seguintes: maturidade inerente a um nível substancial de inovação; morfologia de produto do tipo serviço; presença de variedade temporal. A aplicação da metodologia de DFSS, a esta combinação de dimensões, revelou ser, em termos gerais, eficaz, dado ter sido possível conceber, desenvolver e validar o serviço “TNT Eventos e Campanhas”.
- A presença de variedade temporal, inerente ao facto do “TNT Eventos e Campanhas” ser um serviço do tipo “fato à medida”, aumentou significativamente o número de sub-FRs, suas combinações possíveis, e correspondentes DPs, ditando um verdadeiro desafio a nível de gestão de tanta informação até detalhar, num grau suficiente de pormenor, o novo serviço. O método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV), proposto pelo autor desta tese, revelou-se, também neste aspecto, de muita utilidade. De acordo com o que pôde ser constatado, a consistência das decisões conceptuais, tomadas ao longo da decomposição através da utilização do MDCV, foi assegurada.
- Outra abordagem desenvolvida na tese, a *Variety House of Quality* (VHoQ), pôde também ser aplicada. Ao contrário do que sucedeu no outro caso de estudo, realizado na Sapa, as diferenças da VHoQ para a Casa da Qualidade tradicional não ficaram tão patentes. Este

facto justifica-se na medida em que a variedade temporal, na forma como se manifesta no serviço da TNT (FRs conhecidos, mas não as suas combinações nem as suas especificações), implica que a diferença mais visível resida no facto de as definições operacionais (especificações) de algumas das CTQCs apresentarem múltiplos valores.

- A realização deste projecto demonstrou a possibilidade de aplicar a metodologia de DFSS a sistemas de interesse com elevado grau de intangibilidade, como é o caso do TNT Eventos e Campanhas.
- Foi possível conceber o serviço até um nível muito apreciável de detalhe e, graças ao estimável envolvimento das pessoas da TNT que mais trabalharam no apoio a este projecto, testá-lo no terreno através de duas situações concretas. Recomenda-se, apesar das melhorias introduzidas após o serviço-teste, que o serviço possa ser mais trabalhado do ponto de vista operacional.

7.4.2. Conclusões do caso de aplicação na Sapa BS Portugal

Da discussão e análise dos resultados obtidos no caso de aplicação na Sapa BS Portugal, podem destacar-se as seguintes conclusões:

- Em termos gerais, o projecto correu bem, tendo-se conseguido testar aquelas que são as principais contribuições da metodologia de DFSS proposta, predominantemente associadas às actividades de cariz conceptual, que se encontram contidas nas duas primeiras fases do mapa IDOV. Por algumas limitações, não foi possível efectuar as actividades de optimização do desempenho funcional, nem construir e testar um protótipo para validar o sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica, a nível das suas três variantes.
- O modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma foi percorrido com êxito. Uma vez que o projecto de DFSS foi praticamente pré-designado desde o início, as primeiras duas fases desse modelo tiveram uma aplicação muito reduzida.
- O posicionamento do projecto de DFSS relativamente às três dimensões analisadas na tese, foram as seguintes: maturidade inerente a um nível substancial de inovação; morfologia de produto do tipo *hardware*; presença de variedade espacial. A metodologia de DFSS desenvolvida na tese demonstrou ser aplicável, para esta combinação de dimensões.
- A presença de variedade espacial cedo introduziu um conjunto de particularidades no modo de aplicação da metodologia de DFSS, ainda antes do processo de decomposição, contrariamente ao que sucedeu com o projecto da TNT, o qual envolveu um cenário de variedade temporal, e onde as particularidades se fizeram sentir sobretudo no decorrer do processo de decomposição. No entanto, esta constatação pode ficar a dever-se não apenas à diferença no tipo de variedade patente nos dois casos, mas também ao facto de no projecto que decorreu na Sapa ter sido necessário considerar diferentes segmentos de clientes, com necessidades e expectativas distintas, situação que não ocorreu da mesma forma no caso da TNT.

- A presença de variedade espacial foi também um desafio na realização do processo de decomposição. O MDCV foi novamente utilizado, mas, porque o tipo de variedade era diferente do que sucedeu na aplicação da TNT, a forma de proceder também foi diferente. Após a aplicação do MDCV a situações de variedade espacial e temporal, a conclusão que se pôde retirar é que, para o segundo caso, as especificidades e a exigência procedimental para manter a coerência das decisões conceptuais foram maiores.
- Após a decomposição, foi possível otimizar conceptualmente o sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica, do ponto de vista da plataforma e das suas variantes. Não foi possível, apesar do apoio das pessoas da Sapa BS Portugal que estiveram envolvidas neste projecto, efectuar uma optimização do ponto de vista funcional/operacional.
- A *Variety House of Quality* (VHoQ) foi também aplicada, neste caso de uma forma mais intensa, dada a natureza do produto, do que na aplicação que decorreu na TNT. As diferenças desta VHoQ para a Casa da Qualidade tradicional ficaram patentes, dado ter sido necessário entrar em linha de conta com diferentes grupos de clientes e com especificações para os três modelos/variantes do sistema de caixilharia previstos.
- Foi possível conceber o produto até um nível de detalhe suficiente para poder vir testar-se a integração dos elementos de solução (DPs) em elementos estruturais concretos (SCs), pelo menos numa das variantes. A aplicação desta actividade pode ser considerada valiosa, dada a escassez de exemplos práticos disponíveis na literatura.

CAPÍTULO 8

Conclusões e sugestões para trabalhos futuros

8.1. Introdução

Neste capítulo, apresentam-se os resultados e as conclusões mais importantes da tese, indicam-se as principais limitações do trabalho investigação efectuado, assim como algumas perspectivas para futuros trabalhos. Algumas das conclusões foram oportunamente referidas ao longo dos capítulos que compõem a tese, no entanto, resumem-se aqui os aspectos mais relevantes.

Com esta tese de doutoramento, pretendeu-se contribuir para o avanço da temática do Seis Sigma, nomeadamente procurando desenvolver um conjunto de tópicos relevantes que, com base na literatura consultada durante a revisão bibliográfica, encontram-se ainda por trabalhar de forma articulada e sistemática. Em concreto, a investigação efectuada incidiu nos seguintes dois domínios:

- 1) Sugestão de modelos e de linhas de orientação visando fornecer soluções que permitam às organizações proceder, de forma simples, mas eficaz, à integração do Seis Sigma com alguns dos referenciais de gestão mais utilizados a nível empresarial.
- 2) Definição de uma abordagem de Projecto para Seis Sigma (DFSS – *Design for Six Sigma*), devidamente contextualizada num modelo de gestão de todo o ciclo de vida de projectos Seis Sigma, que permita a sua aplicação a diferentes contextos de morfologia (dimensão relacionada com o tipo de inovação), maturidade (dimensão inerente ao nível de inovação) e variedade (dimensão associada à heterogeneidade dos requisitos de projecto).

Nos capítulos 2 e 3 encetou-se uma cuidadosa revisão bibliográfica, permitindo traçar em pormenor os contornos do estado da arte relativo às diferentes matérias que revestem a temática do Seis Sigma. Este esforço possibilitou também que fossem identificadas diversas questões prementes, para as quais a literatura disponível ainda não fornece respostas. Essas lacunas na literatura, enunciadas nas conclusões desses capítulos, permitiram determinar áreas de investigação carecendo ser trabalhadas de forma mais aprofundada e exaustiva. A definição dos dois domínios de investigação acima referidos, têm por base justamente as conclusões retiradas nos capítulos 2 e 3, os quais compõem, juntamente com o capítulo introdutório, a Parte I desta tese de doutoramento.

Nos capítulos 4 e 5, os primeiros da Parte II da tese, procurou-se desenvolver soluções, na forma de modelos, metodologias, métodos, técnicas e linhas de orientação, alicerçadas numa fundamentação teórica sólida, que permitissem preencher as lacunas identificadas na literatura, respondendo deste

modo às questões levantadas nos capítulos anteriores. Concretamente, no capítulo 4, sugeriram-se modelos e linhas de orientação que facilitem a implementação de programas Seis Sigma, por parte das organizações, independentemente da sua dimensão e do sector de actividade em que actuem, em articulação com diferentes referenciais que possam compor o sistema de gestão vigente nessas organizações. No capítulo 5, propôs-se uma metodologia de Projecto para Seis Sigma (DFSS), com o objectivo de poder ser usado em quaisquer projectos de inovação a empreender, independentemente da morfologia e da maturidade do sistema de interesse, assim como em situações onde a presença de variedade nos requisitos funcionais, a satisfazer por esse mesmo sistema, seja uma realidade.

A investigação foi complementada, nos capítulos 6 e 7, com um total de quatro casos de aplicação. Estes casos de aplicação ajudaram a desenvolver, testar e validar, em contexto empresarial, as contribuições descritas e discutidas nos capítulos 4 e 5. Dois dos casos enquadram-se no domínio da integração do Seis Sigma com referenciais de gestão (capítulo 6), tendo sido realizados no Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ) e na STML, Engenharia de Manutenção, Lda. As outras duas aplicações, efectuadas no âmbito de aplicações da abordagem metodológica de DFSS (capítulo 7), decorreram na TNT Express Portugal e na Sapa Building System Portugal.

A escolha dos casos de aplicação foi feita de forma criteriosa. As aplicações que tiveram lugar no ISQ visaram abranger a integração do Seis Sigma com todos os referenciais normativos referidos no capítulo 4, enquanto que o caso da STML foi escolhido para testar a aplicabilidade dos modelos e linhas de orientação, referentes à integração do Seis Sigma com a norma ISO 9001, numa pequena empresa, dado a estrutura económica do país ser constituída, na sua maioria, por pequenas e médias empresas. Em relação à escolha da TNT e da Sapa, o principal critério foi o de conseguir testar a metodologia de DFSS, descrita no capítulo 5, na concepção e desenvolvimento de duas morfologias de sistema bastante diferentes (“*hardware*” no caso da Sapa, “*serviço*” no caso da TNT), mas em que ambos os casos houvesse a presença de variedade, embora de tipos diferentes (“*variedade espacial*” no caso da Sapa, “*variedade temporal*” no caso da TNT). No caso específico da TNT, o critério da escolha deste caso foi o de poder aplicar a metodologia de DFSS ao desenvolvimento de serviço, visto que as aplicações mais comuns referem-se a sistemas de interesse tangíveis.

As principais conclusões e contribuições da tese são discutidas na secção seguinte, sendo posteriormente enumeradas as principais limitações deste trabalho de investigação, para que então, na última secção deste capítulo, sejam sugeridos trabalhos futuros que dêem continuidade às linhas de investigação seguidas nesta tese de doutoramento.

8.2. Conclusões e contribuições da tese

As conclusões e contribuições da tese encontram-se organizadas de acordo com o indicado na matriz do quadro 8.1.

Quadro 8.1 – Matriz de organização das conclusões e contribuições da tese.

	Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão	Metodologia de DFSS proposta
Contribuições para a literatura	Conclusões e contribuições relativas à integração do Seis Sigma com referenciais de gestão, a nível da literatura	Conclusões e contribuições relativas à metodologia de DFSS proposta, a nível da literatura
Contribuições para a prática	Conclusões e contribuições relativas à integração do Seis Sigma com referenciais de gestão, a nível da prática	Conclusões e contribuições relativas à metodologia de DFSS proposta, a nível da prática

8.2.1. Integração do Seis Sigma com referenciais de gestão

As principais contribuições, a nível da literatura, do trabalho desenvolvido, relativamente a este domínio, encontram-se seguidamente descritas de forma concisa:

- Definição de uma estratégia, objectiva e sistemática, que permite efectuar a integração do Seis Sigma com um conjunto de referenciais normativos de gestão relevantes, utilizando, para tal, a estrutura fornecida pelo ISO Guide 72 para estabelecer as relações entre as cláusulas/subcláusulas de requisitos desses referenciais com as actividades inerentes a um programa Seis Sigma.
- Apresentação de modelos que enquadram as actividades requeridas, e/ou as boas práticas recomendadas, por vários referenciais de gestão nos processos que devem decorrer em cada uma das fases do ciclo de vida de projectos Seis Sigma. Os modelos desenvolvidos, dado terem uma estrutura idêntica, podem facilmente ser adaptados para os casos de outros referenciais de gestão.
- Sugestão de sinergias para compatibilizar os papéis e responsabilidades das funções inerentes à estrutura humana de um programa Seis Sigma, conhecida por estrutura *belt*, com as funções organizacionais definidas no sistema de gestão de uma empresa ou instituição.
- Os modelos e linhas de orientação propostos proporcionam diversas soluções para integrar o Seis Sigma com alguns dos mais relevantes referenciais de gestão adoptados, nacional e internacionalmente, nomeadamente:
 - Os referenciais normativos mais utilizados para efeitos de certificação: ISO 9001 (sistemas de gestão da qualidade), ISO 14001 (sistemas de gestão ambiental) e OHSAS 18001 (sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho).
 - Dois dos principais referenciais normativos para efeitos de acreditação de entidades: ISO/IEC 17025 (acreditação de laboratórios de ensaio e calibração) e ISO/IEC 17020 (acreditação de organismos de inspecção).

- O referencial ITIL v3, que compila as melhores práticas para a gestão dos serviços de tecnologias de informação (TI) e é um dos referenciais mais importantes, a nível internacional, neste sector de actividade.
- Especificamente, e dada a importância deste referencial normativo de gestão, efectuou-se a integração dos requisitos da cláusula 7.3 da norma ISO 9001, referentes à concepção e desenvolvimento, nas fases dos dois mapas de DFSS mais usados: o IDOV e o DMADV.
- Ainda a nível da integração do Seis Sigma com a ISO 9001, sugeriu-se a aplicação de diversas técnicas e ferramentas, habitualmente usadas durante a realização de projectos Seis Sigma, incluindo os de DFSS, como forma de ajudar a cumprir os requisitos incluídos nas várias cláusulas e subcláusulas do referencial de gestão da qualidade.

Face aos objectivos inicialmente formulados, referentes à integração do Seis Sigma com referenciais de gestão, considera-se que, dados estes contributos, esses mesmo objectivos foram globalmente alcançados.

Através de dois casos de aplicação, desenrolados na STML, Engenharia de Manutenção Lda. e no Instituto de Soldadura e Qualidade (ISQ), houve a oportunidade de testar a maioria das propostas de integração. O primeiro caso envolveu a integração do Seis Sigma com a norma ISO 9001; o segundo permitiu testar a integração com todos os referenciais normativos de gestão mencionados na tese. A partir dos resultados obtidos, podem enumerar-se, resumidamente, as conclusões mais relevantes:

- Em ambos os casos de aplicação, constatou-se que a implementação efectiva de um programa Seis Sigma dificilmente pode ser sustentado no longo prazo, se o mesmo não for parte integrante do sistema global de gestão. Esta conclusão vem confirmar a importância de perspectivar o Seis Sigma como um sistema de gestão, e não meramente de metodologia, até porque isso garantirá, por inerência, um maior suporte por parte da gestão de topo.
- Também nos dois casos, conseguiu-se proceder à operacionalização do programa Seis Sigma, de forma integrada com o respectivo sistema de gestão (ISO 9001, no caso da STML e ISO/IEC 17020, no caso da área GÁS do ISQ), com a identificação, selecção e realização bem sucedidas de projectos Seis Sigma.
- Na sequência da conclusão enunciada no ponto anterior, constatou-se serem eficazes os modelos de integração das cláusulas, referentes às normas ISO 9001 e ISO/IEC 17020, nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma. Por inerência, e dada a sua semelhança, os modelos de integração das cláusulas dos outros referenciais normativos (ISO 14001, OHSAS 18001 e ISO/IEC 17025) nas fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma também foram assumidos como eficazes.
- Embora os dois casos de estudo não tenham envolvido os mesmos referenciais normativos, foi possível, em ambos, definir e organizar sinergias de integração com o programa Seis Sigma, seguindo as linhas de orientação estruturadas em consonância com o ISO Guide 72.
- Foi possível, nos dois casos de estudo, através das linhas de orientação fornecidas na tese, propor uma estrutura humana para o programa Seis Sigma compatível com a estrutura funcional das organizações.

- O caso de estudo efectuado na STML demonstrou a viabilidade de alargar o programa de auditorias internas a todo o sistema de gestão (sistema de gestão da qualidade e programa Seis Sigma) e a projectos Seis Sigma na fase de pós-projecto.
- Numa das aplicações específicas realizadas no ISQ, conseguiu-se demonstrar a possibilidade de utilizar os modelos e linhas de orientação, propostos na tese, em casos em que se pretende integrar o Seis Sigma em simultâneo com mais do que um referencial normativo de gestão, no caso a ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001.
- Estas aplicações demonstraram também a possibilidade prática, e algumas vantagens daí decorrentes, de as organizações, nomeadamente aquelas com a actividade em Portugal, implementarem com sucesso um programa Seis Sigma de forma integrada com o seu sistema global de gestão, independentemente do(s) referencial(ais) de gestão que esteja(m) na sua génese.

As conclusões enunciadas, referentes aos dois casos de aplicação, ilustram as contribuições para a prática dos modelos e linhas de orientação desenvolvidos na tese.

8.2.2. Metodologia de DFSS proposta

As principais contribuições, a nível da literatura, da investigação desenvolvida neste domínio, são as seguintes:

- Desenvolvimento de uma metodologia de Projecto para Seis Sigma (DFSS – *Design for Six Sigma*), assente no mapa metodológico IDOV, contendo soluções para lidar com diferentes contextos de morfologia, maturidade e variedade do sistema de interesse.
- Definição objectiva dos mapas metodológicos, passíveis de serem utilizados na realização de projectos Seis Sigma, e seu enquadramento de acordo com o nível de inovação subjacente a cada tipo de projecto, o que vem contribuir para clarificar a resposta às seguintes perguntas: que mapas metodológicos devem ser adoptados? Como? Em que circunstâncias?
- Sugestão de um modelo que, ao mesmo tempo que permite enquadrar o âmbito de um qualquer projecto Seis Sigma a nível das dimensões morfologia e maturidade, concorre para a evolução da temática da terceira geração do Seis Sigma, uma vez que esse modelo está fortemente relacionado com a estratégia de criação de valor ICRA.
- Apresentação de um modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma, que permite:
 - Sistematizar o processo de detecção de oportunidades de melhoria e de inovação, conseqüente determinação de potenciais projectos Seis Sigma, incluindo de DFSS, sua posterior avaliação e selecção do(s) mais promissor(es).
 - Definir, o mais a montante possível do ciclo de vida, o mapa metodológico aconselhável à realização de determinado projecto ou potencial projecto Seis Sigma.
 - Transitar, já em plena realização do projecto, de um mapa metodológico para outro, tirando partido das sinergias entre o DFSS e o Seis Sigma DMAIC e sem que tal afecte de forma significativa o trabalho até aí desenvolvido, sempre que se constate,

face a nova informação disponível, que a escolha inicial da abordagem foi a mais acertada.

- Criação de um método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV) para ser usado durante a fase de *Design* do mapa IDOV, que, através da integração da técnica FAST com a teoria de Projecto Axiomático, para além da adopção de outras linhas de orientação fornecidas por Tate (1999), aumenta a capacidade de as decisões conceptuais, em projectos de DFSS, serem tomadas de forma consistente ao longo da decomposição.
- Descrição pormenorizada sobre o modo como o nível de inovação (dimensão maturidade) influencia a localização, na hierarquia resultante do processo de decomposição, onde podem ocorrer as alterações às decisões conceptuais.
- Sugestão de um conjunto de novas técnicas e ferramentas que podem ser úteis na realização de projectos de DFSS, algumas delas perante especificidades introduzidas pelas dimensões maturidade, morfologia e variedade, destacando-se as seguintes: CVCA, matriz poder *versus* interesse, processos de refinamento de requisitos, matrizes de Meyer e Lehnerd, matriz CS/DS, QFD *Evidential Reasoning*, C&CM e tabela FR/DP.

Dadas estas conclusões, considera-se que os objectivos inicialmente formulados, relativos à metodologia de DFSS proposta, foram, no seu global, atingidos.

Através de dois casos de aplicação, um deles na TNT Portugal e outro na Sapa BS Portugal, foi possível testar a maioria das propostas feitas em torno da metodologia de DFSS. O primeiro deles envolveu a concepção e desenvolvimento de um serviço de transporte, e de actividades logísticas complementares ao transporte, especializado em eventos; sendo um serviço do tipo “fato à medida”, requereu que o factor variedade temporal fosse considerado na aplicação da metodologia de DFSS. O segundo caso permitiu aplicar a metodologia de DFSS à concepção de um sistema de caixilharia de batente, em alumínio, com ruptura térmica, a partir do qual podem derivar três modelos/variantes. Esta situação possibilitou testar a metodologia de DFSS num cenário de variedade espacial. A partir dos resultados obtidos, podem enunciar-se, resumidamente, as principais conclusões:

- Em termos gerais, conseguiu-se aplicar com êxito a metodologia de DFSS às duas situações de concepção e desenvolvimento descritas nos casos em estudo.
- Mesmo no segundo caso, em que não foi possível prosseguir o projecto com as actividades de optimização operacional e de validação, chegaram-se a testar todos os procedimentos metodológicos de ordem conceptual, o que permitiu aplicar a maioria das contribuições previstas na metodologia de DFSS.
- Verificou-se ser útil a contextualização da metodologia de DFSS no modelo de gestão do ciclo de vida, sobretudo porque ajuda as equipa de projecto a compreenderem melhor o contexto e o âmbito do projecto e a sua importância para o negócio.
- Constatou-se que, das três dimensões de interesse (morfologia, maturidade e variedade), a variedade foi aquela que induziu maiores diferenças procedimentais na metodologia de DFSS proposta, relativamente ao que é comum nas abordagens metodológicas de DFSS descritas na literatura disponível.

- Em particular, a aplicação do processo de decomposição, quer na situação de variedade temporal (caso de estudo da TNT Portugal) quer na de variedade espacial (caso de estudo da Sapa BS Portugal), revelou-se ser extremamente trabalhosa e complexa do ponto de vista técnico, seguramente mais do que teria sido, caso a dimensão variedade estivesse ausente.
- O método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV), proposto na tese, demonstrou ser uma abordagem sólida, auxiliando bastante na tarefa de manter a coerência das decisões conceptuais e demonstrando também ser útil perante situações de variedade temporal e de variedade espacial.
- Estes dois casos de aplicação demonstraram ser possível aplicar a metodologia de DFSS a morfologias tão diferentes, em termos de grau de tangibilidade, de sistemas de interesse, atestando, por isso, a sua universalidade.
- Confirmou-se a maior duração dos projectos Seis Sigma desenvolvidos através de uma abordagem de DFSS, sobretudo quando envolve inovação substancial e radical, em comparação com os projectos Seis Sigma que sejam realizados através do ciclo DMAIC (consultar apêndices XIV.8 e XV.9, relativos aos casos de estudo da STML e do ISQ, para comparar com a duração dos dois projectos Seis Sigma DMAIC aí realizados).

As conclusões agora enunciadas, referentes aos dois casos de aplicação, ilustram as contribuições para a prática da metodologia de DFSS desenvolvida na tese.

8.3. Limitações do trabalho de investigação

Não obstante as contribuições e as conclusões referidas na secção anterior, é também possível enumerar as principais limitações do trabalho de investigação que foi efectuado no âmbito da tese:

- As abordagens à integração com o Seis Sigma com outros referenciais de gestão foram particularizadas para determinados referenciais de gestão, discutidos no capítulo 4, pelo que os modelos de integração aí apresentados não são directamente extensíveis ao caso da integração com outros referenciais de gestão.
- Não foi possível apresentar nenhum caso de aplicação em que fosse testada a integração entre o Seis Sigma e o modelo ITIL v3.
- Apenas foi possível testar a metodologia de DFSS em situações de inovação substancial, pelo que não foi possível aplicar o mapa metodológico IDOV num contexto de inovação radical.
- A metodologia de DFSS recomendada para situações de inovação incremental, que tem por base o mapa metodológico DMA(DV)C, foi apresentada, mas a mesma não foi desenvolvida em detalhe, uma vez que não se enquadra no âmbito central da tese.
- Foram desenvolvidas linhas de orientação para aplicar a metodologia de DFSS a situações de variedade temporal, espacial e geracional, mas, no caso desta última, o número de linhas

de orientação é menor do que nos outros dois tipos de variedade, sendo que não cobre todas as actividades contempladas no mapa IDOV.

- A metodologia de DFSS centra-se com maior incidência nas actividades conceptuais e menos naquelas relacionadas com a optimização funcional do sistema de interesse.

8.4. Sugestões para trabalhos futuros

As áreas de investigação trabalhadas nesta tese são, na sua maioria, relativamente recentes, pelo que, para além dos contributos que se pretenderam dar com a realização deste estudo, existem ainda muitas linhas de investigação nestes domínios. Durante a realização da investigação, surgiram diversas questões que mereceriam ter sido mais exploradas, mas que terão de ficar para trabalhos futuros. Enunciam-se seguidamente, por isso, algumas sugestões para trabalhos a desenvolver futuramente, que podem revelar-se pertinentes:

- Explorar, com maior profundidade, o modo como a metodologia de DFSS proposta pode adaptar-se a situações de variedade geracional. Dos três tipos de variedade identificados, este foi o menos desenvolvido na tese, pelo que merece ser mais trabalhado.
- As propostas da metodologia de DFSS, para lidar com diferentes situações relativas às dimensões morfologia, maturidade e variedade, incidiram, principalmente, nas fases conceptuais da metodologia. Sugere-se que, em próximos trabalhos, este estudo possa ser continuado e alargado às fases de optimização e de validação.
- Os dois casos de aplicação da metodologia de DFSS debruçaram-se sobre sistemas de interesse que, embora associados a graus de tangibilidade distintos, se enquadram na tipologia de produto. Seria interessante aplicar a metodologia de DFSS a outras categorias morfológicas, nomeadamente processos, métodos de *marketing* e métodos organizacionais.
- Desenvolver a abordagem metodológica, aplicável para situações de inovação incremental, assente no mapa DMA(DV)C, aplicando-a a um ou mais casos práticos. Sugere-se ainda que esta abordagem seja posteriormente comparada com a metodologia de melhoria contínua, baseada no mapa DMAIC, e com a metodologia de DFSS, assente no mapa IDOV, apresentada nesta tese.
- Alargar a integração do Seis Sigma aos casos de outros referenciais de gestão. Não obstante o estudo desta tese ter incidido sobre alguns dos mais relevantes referenciais, existem outros, que assumem uma crescente importância, podendo destacar-se os seguintes: NP 4457 (sistemas de gestão da investigação, desenvolvimento e inovação), SA 8000 (sistemas de gestão da responsabilidade social), NP 4427 (sistemas de gestão de recursos humanos) e o Modelo de Excelência da EFQM.
- Explorar as semelhanças, diferenças e simbioses existentes entre a norma NP 4457 e a abordagem metodológica de DFSS.
- Investigar, de forma global, sectorial, geográfica, entre outras estratificações eventuais, o fenómeno do Seis Sigma em Portugal, de modo a que se possa responder, com maior grau

de certeza, a interrogações como as seguintes: em que medida as organizações, com actividade em Portugal, possuem programas Seis Sigma formais? Em que âmbito se centram os projectos Seis Sigma normalmente realizados? É usual proceder à realização de projectos de DFSS? Qual o contributo dos projectos Seis Sigma para a melhoria de desempenho organizacional e do negócio?

Referências bibliográficas

- Aboelimged, M.G. (2010), "Six Sigma Quality: A Structured Review and Implications for Future Research", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 27, No. 3, pp. 268-317.
- Abreu, R.C. (1996). *Análise de Valor: Um Caminho Criativo para a Otimização dos Custos e do Uso dos Recursos*, Qualitymark Editora, Rio de Janeiro.
- Adebajo, D. (2001). "TQM and Business Excellence: Is There Really a Conflict?", *Measuring Business Excellence*, Vol. 5, No. 3, pp. 37-40.
- Adner, R. e Levinthal, D. (2001). "Demand Heterogeneity and Technology Evolution: Implications for Product and Process Innovation", *Management Science*, Vol. 47, No. 5, pp. 611-628.
- Aggogeri, F., Mazzola, M. e O'Kane, J. (2009). "Implementing DFSS to Increase the Performance Level of an Extrusion Process", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 5, No. 1, pp. 10-28.
- Albers, A., Braun, A., Sadowski, E., Wyatt, D.F., Wynn, D. e Clarkson, P.J. (2010). "Contact and Channel Modelling Using Part and Function Libraries in a Function-Based Design Approach", *Proceedings of the ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences – IDETC 2010*, Montreal, Quebec, Canada, August 15-18.
- Albers, A., Braun, A., Clarkson, P.J., Enkler, H. e Wynn, D. (2009). "Contact and Channel Modelling to Support Early Design of Technical Systems", *Proceedings of the 17th International Conference on Engineering Design – ICED'09*, Stanford, CA, USA, August 24-27.
- Albers, A., Burkardt, N. e Ohmer, M. (2006). "Contact and Channel Model for Pairs of Working Surfaces", *In: EIMaraghy, H.A. e EIMaraghy, W.H. (Eds.). Advances in Design*, Springer-Verlag, London, UK, pp. 511-520.
- Alink, T. (2005). "The Contact and Channel Model in the Change Prediction Method", *Diploma Thesis*, IPEK, University of Karlsruhe, Karlsruhe, Germany.
- Alizon, K.M., Shooter, S.B. e Simpson, T.W. (2010), "Recommending a Platform Leveraging Strategy Based on Homogeneous or Heterogeneous Nature of a Product Line", *Journal of Engineering Design*, Vol. 21, No. 1, pp. 93-110.
- Allen, T.T. (2006). *Introduction to Engineering Statistics and Six Sigma*, Springer-Verlag, Columbus, OH, USA.
- Alreck, P.L. e Settle, R.B. (2004). *The Survey Research Handbook*, 3rd Edition, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Alsmadi, M. e Khan, Z. (2010). "Lean Sigma: The New Wave of Business Excellence, Literature Review and a Framework", *Proceedings of the 2nd International Conference on Engineering Systems Management and its Application – ICESMA 2010*, Coventry, UK, March 30 - April 1.
- Altshuller, G., Shulyak, L. e Rodman, S. (2005). *40 Principles: TRIZ Keys to Technical Innovation – Extended Edition*, Technical Innovation Center, Worcester, MA, USA.
- Altshuller, G. (1999). *The Innovation Algorithm – TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity*, Technical Innovation Center, Worcester, MA, USA.
- Álvarez, R., Calvo, R., Peña, M.M. e Domingo R. (2009). "Redesigning an Assembly Line Through Lean Manufacturing Tools", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 43, No. 9, pp. 949-958.
- Amara, N., Landryb, R., Becheikh, N., Ouimet, M. (2008). "Learning and Novelty of Innovation in Established Manufacturing SMEs", *Technovation*, Vol. 28, No. 7, pp. 450-463.

- Amara, N, Landry, R., Becheikh, N. e Ouimet, M. (2004), “Radical Innovation in Traditional Manufacturing Industries”, *Proceedings of the DRUID Summer Conference on Industrial Dynamics, Innovation and Development*, Elsinore, Denmark, June 14-16.
- Amer, Y., Ashraf, M.A., Luong, L., Lee, S., Wang, W.Y.C. (2007). “A Systems Approach to Order Fulfilment Using Design for Six Sigma Methodology”, *International Journal of Business and Systems Research*, Vol. 1, No. 3, pp. 302-316.
- Anbari, F.T., Carayannis, E.G. e Voetsch, R.J. (2008). “Post-project Reviews as a Key Project Management Competence”, *Technovation*, Vol. 28, pp. 633-643.
- Andersen, H.V., Lawrie, G. e Savič, N. (2004). “Effective Quality Management through Third-Generation Balanced Scorecard”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 53, No. 7, pp. 634-645.
- Andersson, R., Eriksson, H. e Torstensson, H. (2006). “Similarities and Differences between TQM, Six Sigma and Lean”, *The TQM Magazine*, Vol. 18, No. 3, pp. 282-296.
- Anil, R., Seshadri, V., Chavala, A. e Vemuri, M. (2004). “A Methodology for Managing Multi-Disciplinary Programs with Six Sigma Approach”, *Proceedings of the IEEE International Engineering Management Conference – IEMC2004*, Singapore, October 18-21.
- Antony, J. (2008). “What is the Role of Academic Institutions for the Future Development of Six Sigma”, *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 57, No.1, pp. 107-110.
- Antony, J. (2006). “Six Sigma for Service Processes”, *Business Process Management Journal*, Vol. 12, No. 2, pp. 234-248.
- Antony, J. (2002). “Design for Six Sigma: a Breakthrough Business Improvement Strategy for Achieving Competitive Advantage”, *Work Study*, Vol. 51, No. 1, pp. 6-8.
- Antony, J., Antony, F.J., Kumar, M. e Cho, B.R. (2007), “Six Sigma in Service Organizations”, *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 24, No. 3, pp. 294-311.
- Antony, J., Bañuelas, R. e Kumar, A. (Eds.) (2006). *World Class Applications of Six Sigma: Real World Examples of Success*, Butterworth-Heinemann, Burlington, MA, USA.
- Antony, J. e Bañuelas, R. (2002). “Key Ingredients for the Effective Implementation of Six Sigma Program”, *Measuring Business Excellence*, Vol. 6, No. 4, pp.20-27.
- APCER (2010). *Guia Interpretativo NP EN ISO 9001:2008*, Associação Portuguesa de Certificação, Porto, Portugal.
- APCER (2009). *Guia Interpretativo NP EN ISO 14001:2004*, Associação Portuguesa de Certificação, Porto, Portugal.
- APCER (2003). *Guia Interpretativo ISO 9001:2000*, Associação Portuguesa de Certificação, Leça da Palmeira, Portugal.
- APQC (2003). *Using Knowledge Management to Drive Innovation*, American Productivity & Quality Center, Houston, TX, USA.
- Arcidiacono, G., Citti, P., Antico, P. e Torricini, S. (2006). “A New Management Process to Analyse the Automotive Components’ Complaints through DMADV”, *Proceedings of the 2nd International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2006*, Florence, Italy, June 13-16.
- Arendt, M. (2009). “Innovation and Design for Six Sigma”, *Economics and Organization of Enterprise*, Vol. 4, No. 2, pp. 22-32.
- Arnheiter, E.D. e Maleyeff, J. (2005). “The Integration of Lean Management and Six Sigma”, *The TQM Magazine*, Vol. 17, No. 1, pp. 5-18.
- Armistead, C. e Machin, S. (1997). “Implications of Business Process Management for Operations Management”, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 17, No. 9, pp. 886-898.
- Arnold, T.J., Fang, E. e Palmatier, R.W. (2011). “The Effects of Customer Acquisition and Retention Orientations on a Firm’s Radical and Incremental Innovation Performance”, *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 39, No. 2, pp. 234-251.
- Arthur, J. (2006). *Lean Six Sigma Demystified*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.

- Ashihara, K. e Ishii, K. (2005). "Application of Quality Function Deployment for New Business R&D Strategy Deployment", *Proceedings of the 2005 ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition – IMECE'2005*, Orlando, FL, USA, November 5-11.
- ASQ Quality 101 (2001), *ASQ's Foundations in Quality – Self-Directed Learning Series*, American Society for Quality, Milwaukee, WI, USA.
- Augustine, M., Yadav, O.P., Jain, R. e Rathore, J.P.S. (2010). "Concept Convergence Process: A Framework for Improving Product Concepts", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 59, No. 3, pp. 367-377.
- Aurich, J.C., Fuchs, C. e Wagenknecht, C. (2006). "Life Cycle Oriented Design of Technical Product-Service Systems", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 14, No. 17, pp. 1480-1494.
- Avak, B. (2006). "Life Cycle Adaptation of Modular Product Families", *Proceedings of the 1st Nordic Conference on Product Lifecycle Management – NordPLM'06*, Gothenburg, Sweden, January 25-26, pp. 199-210.
- Azis, Y. e Osada, H. (2011). "An Empirical Study of New Value Creation in Financial Service Companies using Design for Six Sigma Approach", *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 7, No. 1, pp. 104-124.
- Baines, T., Lightfoot, H., Peppard, J., Johnson, M., Tiwari, A., Shehab, E. e Swink, M. (2009), "Towards an Operations Strategy for Product-Centric Servitization", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 29, No. 5, pp. 494-519.
- Banks, J. (1989), *Principles of Quality Control*, John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Bañuelas, R. (2005). "Six Sigma vs. Design for Six Sigma: Selection of the Requisite Six Sigma Approach Using Multi-Criteria Decision Analysis", *Degree of Doctor in Engineering Thesis*, University of Warwick, School of Engineering, Warwick, England, UK.
- Bañuelas, R., Tennant, C., Tuersley, I. e Tang, S. (2006). "Selection of Six Sigma Projects in the UK", *The TQM Magazine*, Vol. 18, No. 5, pp. 514-527.
- Bañuelas, R., Antony, J. e Brace, M. (2005). "An Application of Six Sigma to Reduce Waste", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 21, No. 6, pp. 553-570.
- Bañuelas, R. e Antony, J. (2004). "Six Sigma or Design for Six Sigma?", *The TQM Magazine*, Vol. 16, No. 4, pp.250-263.
- Bañuelas, R. e Antony, J. (2003). "Going from Six Sigma to Design for Six Sigma: An Exploratory Study Using Analytic Hierarchy Process", *The TQM Magazine*, Vol. 15, No. 5, pp.334-344.
- Bañuelas, R. e Antony, J. (2002). "Critical Success Factors for the Successful Implementation of Six Sigma Projects in Organisations", *The TQM Magazine*, Vol. 14, No. 2, pp. 92-99.
- Baril, C., Yacout, S. e Clément, B. (2011). "Design for Six Sigma through Collaborative Multiobjective Optimization", *Computers & Industrial Engineering*, Vol. 60, No. 1, pp. 43-55.
- Barney, M. (2002). "Motorola's Second Generation", *Six Sigma Forum Magazine*, Vol. 2, No. 5, pp. 13-17.
- Bass, I. (2007). *Six Sigma Statistics with Excel and Minitab*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Basu, R. e Wright, J.N. (2003). *Quality Beyond Six Sigma*, Butterworth-Heinemann, Burlington, MA, USA.
- Becker, S.O. e Egger, P.H. (2007). "Endogenous Product versus Process Innovation and a Firm's Propensity to Export", *CESifo Working Paper*, Paper No. 1906,
- Behara, R.S. e Gundersen, D.E. (2001). "Analysis of Quality Management Practices in Services", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 18, No. 6, pp. 584-603.
- Beiter, K.A., Yang, T.G. e Ishii, K. (2006). "Preliminary Design of Amorphous Products", *Proceedings of the International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference – IDETC/CIE 2006*, Philadelphia, PA, USA, September 10-13.
- Belair, G. e O'Neill, J. (2007). *Implementing Design for Six Sigma: A Leader's Guide – Getting the Most from Your Product Development Process*, ASQ Quality Press, Milwaukee, WI, USA.
- Benavides, E.M. e Rodríguez, L.G. (2011). "Extended Algorithm for Design-Matrix Reorganization", *Proceedings of the 6th International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2011*, Daejeon, South Korea, March 30-31.

- Bendell, T. (2006). "A Review and Comparison of Six Sigma and the Lean Organisations", *The TQM Magazine*, Vol. 18 No. 3, pp. 255-262.
- Bendell, T. (2005). "Structuring Business Process Improvement Methodologies", *Total Quality Management*, Vol. 16, No. 8-9, pp. 969-978.
- Berger, C., Blauth, R., Boger, D., Bolster, C., Burchill, G., DuMouchel, W., Pouliot, F., Richter, R., Rubinoff, A., Shen, D., Timko, M. and Walden, D. (1993). Kano's Method for Understanding Customer-Defined Quality, *Center for Quality of Management Journal*, Vol. 2, No. 4, pp 3-35.
- Berkovich, M., Leimeister, J.M. e Krcmar, H. (2009). "Suitability of Product Development Methods for Hybrid Products as Bundles of Classic Products, Software and Service Elements", *Proceedings of the ASME 2009 International Design Engineering Technical Conferences & Computers and Information in Engineering Conference – IDETC/CIE 2009*, San Diego, CA, USA, August 30 – September 2.
- Bernardo, M., Casadesus, M., Karapetrovic, S. e Heras, I. (2009). "How Integrated are Environmental, Quality and other Standardized Management Systems? An Empirical Study", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 17, pp. 742-750.
- Berryman, M.L. (2002). "DFSS and Big Payoffs", *Six Sigma Forum Magazine*, Vol. 2, No. 11 pp. 23-28.
- Berte, L.M. (2007). "Laboratory Quality Management: A Roadmap", *Clinics in Laboratory Medicine*, Vol. 27, pp. 771-790.
- Bertels, T. (2003). *Six Sigma Leadership Handbook*, Rath and Strong, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA.
- Bertsch, B. e Williams, R. (2001). *What Wall Street Analysts Say About Six Sigma: The Market Value of Sustainable Performance Improvement*, Erasmus University of Rotterdam, Faculty of Economics, Holland.
- Bessant, J. e Davies, A. (2007), "Managing Service Innovation", *DTI Economics Papers – Innovation in Services*, No. 9, June, pp. 61-96.
- Bewoor, A.K. e Pawar, M.S. (2010). "Mapping Macro/Micro Level Critical Links for Integrating Six Sigma DMAIC Steps as a Part of Company's Existing QMS: an Indian SME Case Study", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 6, Nos. 1/2, pp. 105-131.
- Bigio, D., Edgeman, R.L. e Ferleman, T. (2004). "Six Sigma Availability Management of Information Technology in the Office of the Chief Technology Officer of Washington, DC", *Total Quality Management*, Vol. 15, Nos. 5 & 6, pp. 689-697.
- Biondo, W. e Griffin, J. (2007). "Improving a Vehicle Theft Deterrent System's Communication Using Design for Six Sigma (DFSS)", *SAE World Congress & Exhibition*, Session: Reliability and Robust Design in Automotive Engineering (Part 5 of 14) - Part 5A - Design for Six Sigma, Detroit, MI, USA, April 16.
- Bititci, U., Ackermann, F., Ates, A., Davies, J., Garengo, P., Gibb, S., MacBryde, J., Mackay, D., Maguire, C., Van der Meer, R., Shafti, F., Bourne, M. e Firat, S. (2011). "Managerial Processes: Business Process that Sustain Performance", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 31, No. 8, pp. 851-887.
- Black, K. e Revere, L. (2006). "Six Sigma Arises from the Ashes of TQM with a Twist", *International Journal of Health Care Quality Assurance*, Vol. 19, No. 3, pp. 259-266.
- Blair, B. e McKenzie, J. (2004). "Raytheon – New Challenges, New Solutions, and Documented Results", *Defense Acquisition Review Journal*, August-November, pp. 195-210.
- Bolstorff, P. (2002). "How to Integrate Six Sigma Quality Objectives with the SCOR Model", *Supply Chain Technology News*, October, pp. 23-25.
- Bothe, D.R. (1997). *Measuring Process Capability: Techniques and Calculations for Quality and Manufacturing Engineers*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Bothe, D.R. (2002). "Statistical Reason for the 1,5s Shift", *Quality Engineering*, Vol. 14, No. 3, pp. 479-488.
- Brad, S. (2010). Sigma-TRIZ: Algorithm for Systematic Integration of Innovation within Six Sigma Process Improvement Methodologies, In: Coskun, A. (Ed.). *Quality Management and Six Sigma*, Sciyo, Rijeka, Croatia, Chapter 6.

- Brady, J.E. e Allen, T.T. (2006). "Six Sigma Literature: A Review and Agenda for Future Research", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 22, pp.335-367.
- Bremer, M., McKibben, B. e McCarty, T. (2006). *Six Sigma Financial Tracking and Reporting*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Breyfogle III, F.W. (2003). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*, John Wiley & Sons, New Jersey, NJ, USA.
- Breyfogle III, F.W., Cupello, J.M. e Meadows, B. (2001). *Managing Six Sigma*. John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Brotby, W.K. (2009). *Information Security Management Metrics – A Definitive Guide to Effective Security Monitoring and Measurement*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Brown, C.A. (20011). "Decomposition and Prioritization in Engineering Design", *Proceedings of the 6th International Conference on Axiomatic Design*, Daejeon, South Korea, March 30-31.
- Brown, C.A. (2006a). "Kinds of Coupling and Approaches to Deal with Them", *Proceedings of the 4th International Conference on Axiomatic Design*, Florence, Italy, June 13-16.
- Brown, C.A. (2006b). *Elements of Axiomatic Design – A Simple and Practical Approach to Engineering Design*, Draft 29, Christopher A. Brown, Cazenovia, NY USA.
- Browning, T.R. (2001). "Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 48, No. 3, pp. 292-306.
- Brue, G. (2002). *Six Sigma for Managers*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Brue, G. e Howes, R. (2006). *Six Sigma*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Brue, G. e Launsby, R.G. (2003). *Design for Six Sigma*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Bryson, J.M. (2004). "What to do when Stakeholders Matter", *Public Management Review*, Vol. 6, No. 1, pp. 21-53.
- Buss, P. e Ivey, N. (2001). "DOW Chemical Design for Six Sigma Rail Delivery Project", *Proceedings of the Winter Simulation Conference – WSC'01*, Arlington, VA, USA, Vol.1, pp. 1248-1251.
- Byrne, G., Lubowe, D. e Blitz, A. (2007). "Using a Lean Six Sigma Approach to Drive Innovation", *Strategy & Leadership*, Vol. 35, No. 2, pp. 5-10.
- Bytheway, C.W. (2007). *FAST – Creativity & Innovation*, J. Ross, Fort Lauderdale, FL, USA.
- Calia, R.C., Guerrini, F.M. e Castro, M. (2009). "The Impact of Six Sigma in the Performance of a Pollution Prevention Program", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 17, pp. 1303-1310.
- Campatelli, G., Citti, P. e Meneghin, A. (2011). "Development of a Simplified Approach Based on the EFQM Model and Six Sigma for the Implementation of TQM Principles in a University Administration", *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 22, No. 7, pp. 691-704.
- Campbell, C. (2004). "Applying Six Sigma™ to Environmental Management System Design", *Master Thesis*, Environmental Applied Science and Management, Ryerson University, Toronto, Ontario, Canada.
- Capelas, L. (2001). "Aposta da Qualidade - Âmbito e Interfaces", *In: Paiva, A.L. e Capelas, L. (Eds.). Manual Prático para a Certificação e Gestão da Qualidade com Base nas Normas ISO 9000:2000*, Verlag Dashöfer, Lisboa, Portugal, Capítulo 3.3.
- Castilho, A. (2004). "Subcláusula 7.3 – Conceção e Desenvolvimento", *In: Paiva, A.L. e Capelas, L. (Eds.). Manual Prático para a Certificação e Gestão da Qualidade com Base nas Normas ISO 9000:2000*, Verlag Dashöfer, Lisboa, Portugal, Capítulo 4.4.7.3.
- Caulcutt, R. (2001). "Why is Six Sigma so Successful?", *Journal of Applied Statistics*, Vol. 28, Nos. 3-4, pp. 301-306.
- Cavanagh, R.R., Neuman, R.P. e Pande, P.S. (2005). *What is Design for Six Sigma*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Cavique, M., Mourão, A.F. e Gonçalves-Coelho, A.M. (2006). "Reducing Complexity in Outdoor Air Systems", *Proceedings of the 4th International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2006*, Florence, Italy, June 13-16.

- Chakrabarty, A. e Tan, K.C. (2007). "The Current State of Six Sigma in Services", *Managing Service Quality*, Vol. 17, No. 2, pp. 194-208.
- Chakravorty, S.S. (2009). "Six Sigma Programs: An Implementation Model", *International Journal of Production Economics*, Vol. 119, pp. 1-16.
- Chakravorty, S.S. e Franza, R.M. (2009). "The Implementation of Design for Six Sigma: A Development Experience", *International Journal of Product Development*, Vol. 9, No. 4, pp. 329-342.
- Chan, L. e Wu, M. (2002a). "Quality Function Deployment: A Comprehensive Review of Its Concepts and Methods", *Quality Engineering*, Vol. 15, No. 1, pp. 23-35.
- Chan, L. e Wu, M. (2002b). "Quality Function Deployment: A Literature Review", *European Journal of Operational Research*, Vol. 143, pp. 463-497.
- Chan, P.C., Durant, S.R., Gall, V.M. e Raisinghani, M.S. (2010). "Aligning Six Sigma and ITIL to Improve IT Service Management", *Proceedings of CONF-IRM 2008*, Paper 7, Ontario, Canada, May 18-20.
- Chandy, R.K. e Tellis, G.J. (2000). "The Incumbent's Curse? Incumbency, Size, and Radical Product Innovation", *Journal of Marketing*, Vol. 64, No. 3, pp. 1-17.
- Chang, C. e Su, C. (2007). "Service Process Design and/or Redesign by Fusing the Powers of Design for Six Sigma and Lean", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 3, No. 2, pp. 171-191.
- Chaves, F. (2004). "Inovação na Indústria da Caixilharia", *Trabalho da Disciplina de Gestão da Inovação para o Mestrado em Design Industrial*, Faculdade de Engenharia, Universidade de Porto, Porto, Portugal.
- Chiang, W., Pennathur, A. e Mital, A. (2001). "Designing and Manufacturing Consumer Products for Functionality: A Literature Review of Current Function Definitions and Design Support Tools", *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 12, No. 6, pp. 430-448.
- Chin, K., Wang, Y., Yang, J., Poon, K. (2009) "An Evidential Reasoning Based Approach for Quality Function Deployment", *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, pp. 5684-5694.
- Choudry, A. (2004). "Design for Six Sigma for Aerospace Applications", *American Institute of Aeronautics and Astronautics*.
- Chowdhury, S. (2003). *Design for Six Sigma*, Prentice Hall, London, UK.
- Christian, D.R. e Drilling, S. (2010). *Implementing Quality in Laboratory Policies and Processes: Using Templates, Project Management, and Six Sigma*, CRC Press, O'Fallon, MO, USA.
- Chung, Y e Hsu, Y. (2010). "Research on the Correlation between Design for Six Sigma Implementation Activity Levels, New Product Development Strategies and New Product Development Performance in Taiwan's High-tech Manufacturers", *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 21, No. 6, pp. 603-616.
- Chung, Y., Hsu, Y. e Tsai, C. (2008). "An Empirical Study on the Correlation between Critical DFSS Success Factors, DFSS Implementation Activity Levels and Business Competitive Advantages in Taiwan's High-Tech Manufacturers", *Total Quality Management*, Vol. 19, No. 6, pp. 595-607.
- Clark, J.O. (2009). "System of Systems Engineering and Family of Systems Engineering from a Standards, V-Model, and Dual-V Model Perspective", *Proceedings of the 3rd Annual Systems Conference*, Virginia Beach, VA, USA, March 23-26, pp. 381-387.
- Clifford, L. (2001). "Why You Can Safely Ignore Six Sigma", *Fortune*, Vol. 143, No. 2, pp.140.
- Coatanéa, E. (2005). "Conceptual Modelling of Life Cycle Design", *Doctoral Dissertation*, Department of Mechanical Engineering, Helsinki University of Technology, Helsinki, Finland.
- Cochran, D.S., Eversheim, W., Kubin, G. e Sesterhenn, M. L. (2000). "The Application of Axiomatic Design and Lean Management Principles in the Scope of Production System Segmentation", *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 6, pp. 1377-1396.
- Cohen, L. (1995). *Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You*, Addison-Wesley Publishing, Reading, MA, USA.
- Coleman, S. (2008). "Six Sigma: An Opportunity for Statistics and for Statisticians", *Significance*, Vol. 5, No. 2, pp. 94-96.
- Comissão Europeia (1995). *Green Paper on Innovation*, European Commission, Luxemburg.

- Conti, T.A. (2007). "A History and Review of the European Quality Award Model", *The TQM Magazine*, Vol. 19, No. 2, pp. 112-218.
- Cook, H.E. (2005). *Design for Six Sigma as Strategic Experimentation: Value, Cost, Pace and Innovation*, ASQ Quality Press, Milwaukee, WI, USA.
- Corbett, L.M. (2011). "Lean Six Sigma: The Contribution to Business Excellence", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 2, No. 2, pp. 118-131.
- Corso, M. e Pellegrini, L. (2007). "Continuous and Discontinuous Innovation: Overcoming the Innovator Dilemma", *Creativity and Innovation Management*, Vol. 16, No. 4, pp. 333-347.
- Coskun, A., Inal, T., Unsal, I., e Serteser, M. (2010). "Six Sigma as a Quality Management Tool: Evaluation of Performance in Laboratory Medicine", em: Coskun, A. (Ed.), *Quality Management and Six Sigma*, InTech, Rijeka, Croatia.
- Cox, D.R. e Reid, N. (2000). *The Theory of the Design of Experiments*, Chapman & Hall / CRC, Boca Raton, FL, USA.
- Crawley, E.F. (2001). "Notes from 16.882 System Architecture", *MIT – ESD Section*, Fall 2001, Cambridge, MA, USA.
- Crawley, E., De Weck, O., Eppinger, S., Magee, C., Moses, J., Seering, W., Schindall, J., Wallace, D. e Whitney, D. (2004). "The Influence of Architecture in Engineering Systems", *Engineering Systems Monograph*, Engineering Systems Division, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
- Creveling, C.M. (2007). *Six Sigma for Technical Processes: An Overview for R&D Executives, Technical Leaders, and Engineering Managers*, Prentice Hall, New Jersey, NJ, USA.
- Creveling, C.M., Hambleton, L. e McCarthy, B. (2006). *Six Sigma for Marketing Processes: An Overview for Marketing Executives, Leaders, and Managers*, Prentice Hall, New Jersey, NJ, USA.
- Creveling, C.M., Slutsky, J.L. e Antis, D. (2003). *Design for Six Sigma in Technology and Product Development*, Prentice Hall, New Jersey, NJ, USA.
- Cronemyr, P. (2007). "DMAIC and DMADV: Differences, Similarities, and Synergies", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 3, No. 3, pp. 193-209.
- Cross, N. (2007). "Forty Years of Design Research", *Design Research Quarterly*, Vol. 1, No. 2, pp. 3-5, 2007.
- Cruz, M. (2010). "A Inovação e Marca ISQ", *Conferência.pt 2010*, 7 de Outubro, Estoril, Portugal.
- Daaboul, J., Da Cunha, C., Bernard, A. e Laroche, F. (2011). "Design for Mass Customization: Product Variety vs. Process Variety", *Manufacturing Technology*, Vol. 60, No. 1, pp. 169-174.
- Dahlgaard, S.M. (1999). "The Evolution Patterns of Quality Management: Some Reflections on the Quality Movement", *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 10, No. 4, pp. 473-480.
- Dahlgaard, J.J. e Dahlgaard-Park, S.M. (2006). "Lean Production, Six Sigma Quality, TQM and Company Culture", *The TQM Magazine*, Vol. 18, No. 3, pp. 263-281.
- Danneels, E. e Kleinschmidt, E.J. (2001). "Product Innovativeness from the Firm's Perspective: Its Dimensions and Their Relation with Project Selection and Performance", *The Journal of Product Innovation Management*, Vol. 18, No. 4, pp. 357-373.
- Dardy, F. e Teixeira, C. (2003). *Guide de Compétitivité Industrielle*, Delegrave, Paris, France.
- Davenport, T.H. (1993). *Process Innovation: Reengineering Work through Information Technology*, Harvard Business School Press, Boston, MA, USA.
- Davenport, T.H. e Short, J. (1990). "The New Industrial Engineering: Information Technology and Business Process Redesign. *Sloan Working Paper*, No. 3190-90, Sloan School of Management, Boston, MA, USA.
- De Feo, J. e Bar-El, Z. (2002). "Creating Strategic Change More Efficiently with a New Design for Six Sigma Process", *Journal of Change Management*, Vol. 3, pp. 60-80.
- De Mast, J. (2007). "Integrating the Many Facets of Six Sigma", *Quality Engineering*, Vol. 19, No. 4, pp. 353-361.
- De Mast, J. (2003). "Quality Improvement from the Viewpoint of Statistical Method", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 19, No. 4, pp. 255-264.

- De Mast, J., Diepstraten, G. e Does, R.J. (2011). "Quality Quandaries: Design for Six Sigma: Method and Application", *Quality Engineering*, Vol. 23, No. 2, pp. 204-211.
- Dedhia, N.S. (2005). "Six Sigma Basics", *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 16, No. 5, pp. 567-574.
- Deming, W.E. (1994). *The New Economics: For Industry, Government, Education*, 2nd Edition, Center for Advanced Engineering Study, Cambridge, MA, USA.
- Den Boer, S., Andharia, R., Harteveld, M., Ho, L.C., Musto, P.L., Prickel, S. (2006). *Six Sigma for IT Management*, ITSM Library, Van Haren Publishing, Amersfoort, Netherlands.
- Desai, D.A. (2006). "Improving Customer Delivery commitments the Six Sigma Way: Case Study of an Indian Small Scale Industry", *International Journal of six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 2, No. 1, pp. 23-47.
- Dey, P. (2002). "How to complement ISO 9001:2000 with Six Sigma", *White Paper*, Excel Partnership, Inc. Disponível em <http://isixsigma.com/library/content/c020211a.asp>.
- Dias, S. e Saraiva, P.M. (2004). "Use Basic Quality Tools To Manage Your Processes", *Quality Progress*, Vol. 37, No. 8, pp. 47-53.
- Dickinson, A.L. e Brown, C.A. (2009). "Design and Deployment of Axiomatic Design", *Proceedings of the 5th International Conference on Axiomatic Design - ICAD 2009*, Campus Caparica, Portugal, March 25-27.
- Dirgo, R. (2006). *Look Forward Beyond Lean and Six Sigma*, Aircraft Braking Systems Corporation, Fort Lauderdale, FL, USA.
- Djapik, M. e Lukic, L. (2008). "Integrated Management Systems – Requirements of Contemporary Business Practices", *Mechanic Transports Communication – Academic Journal*, Issue 3, pp. 76-82.
- Donaldson, D.P. (2004). "100 Years of Juran", *Quality Progress*, Vol. 37, No. 5, pp. 25-39.
- Donaldson, K.M., Ishii, K. e Sheppard, S.D. (2006). "Customer Value Chain Analysis", *Research in Engineering Design*, Vol. 16, pp. 174-183.
- Dong, Q. e Whitney, D.E. (2001). "Designing a Requirement Driven Product Development Process", *Proceedings of the 13th International ASME Conference on Design Theory and Methodology – DETC 2001*, Pittsburgh, PA, USA September 9-12.
- Dooley, K. (2000). "The Paradigms of Quality: Evolution and Revolution in the History of the Discipline", *Advances in the Management of Organizational Quality*, Vol. 5, JAI Press, pp. 1-28.
- Dooley, K., Bush, D., Anderson, J., and M. Rungtusanatham (1990), "The U.S. Baldrige Award and Japan's Deming Prize: Two Guidelines for Total Quality Control," *Engineering Management Journal*, Vol. 2, No. 3, pp. 9-16.
- DOW Chemical Company (2004). "Applying Six Sigma Methodology to Energy-Saving Projects", *White Paper*, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy of the U.S. Department of Energy.
- Drake, D., Sutterfield, J. e Ngassam, C. (2008). "The Revolution of Six Sigma: An Analysis of its Theory and Application", *Academy of Information and Management Sciences Journal*, Vol. 11, No. 1, pp. 29-44.
- Drolet, R. (2003). "Product Development and Six Sigma Synergy at Bombardier: Design For Six Sigma", *Proceedings of the CASI Aircraft Design & Development Symposium*, Montreal, QC, Canada, April 28-30.
- Drucker, P. (1985). "The Discipline of Innovation", *Harvard Business Review*, May-June, pp. 67-72.
- Du, X, Jiao, J. e Tseng, M.M. (2003). "Identifying Customer Need Patterns for Customization and Personalization", *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 14, No. 5, pp. 387-396.
- Duarte, A.P. (2002). Análise Económica da Qualidade, *Apontamentos no âmbito do MBA em Gestão e Engenharia da Qualidade*, ISQ-APQ, Lisboa, Portugal.
- Duray, R. (2011). "Process Typology of Mass Customizers", *In: Fogliatto, F.S. e Da Silveira, G.J.C. (Eds.). Mass Customization – Engineering and Managing Global Operations*, Springer-Verlag, London, UK, Chapter 2, pp. 29-43.

- Dyadem Engineering Corporation (2003). *Guidelines for Failure Mode and Effect Analysis for Automotive, Aerospace and General Manufacturing Industries*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Eckes, G. (2001). *The Six Sigma Revolution*, John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Eder, W.E. (2011). “Engineering Design Science and Theory of Technical Systems: Legacy of Vladimir Hubka”, *Journal of Engineering Design*, Vol. 22, No. 5, pp. 361-385.
- Eder, W.E. e Hosnedl, S. (2008). *Design Engineering – A Manual for Enhanced Creativity*, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Edgeman, R.L. e Dugan, J.P. (2008): “Six Sigma from Products to Pollution to People”, *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 19, Nos.1/2, pp. 1-9.
- Edgeman, R.L., Bigio, D. e Ferleman, T. (2005). “Six Sigma and Business Excellence: Strategic and Tactical Examination of IT Service Level Management at the Office of the Chief Technology Officer of Washington, DC”, *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 21, pp. 257-273.
- Edquist, C., Hommen, L. e McKelvey (2001). *Innovation and Employment – Process versus Product Innovation*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- Ehie, I. e Sheu, C. (2005). “Integrating Six Sigma and Theory of Constraints for Continuous Improvement: A Case Study”, *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 16, No. 5, pp. 542-553.
- Ehigie, B.O. e McAndrew, E.B. (2005). “Innovation, Diffusion and Adoption of Total Quality Management (TQM)”, *Management Decision*, Vol. 43, No. 6, pp. 925-940.
- El-Haik, B.S. (2005). *Axiomatic Quality: Integrating Axiomatic Design with Six Sigma, Reliability, and Quality Engineering*, John Wiley & Sons, New Jersey, NJ, USA.
- El-Haik, B.S. e Shaout, A. (2010). *Software Design for Six Sigma: A Roadmap for Excellence*, John Wiley & Sons, New Jersey, NJ, USA.
- El-Haik, B.S. e Mekki, K.S. (2008). *Medical Device Design for Six Sigma: a Roadmap for Safety and Effectiveness*, John Wiley & Sons, New Jersey, NJ, USA.
- El-Haik, B.S. e Al-Aomar, R. (2006). *Simulation-Based Lean Six Sigma and Design for Six Sigma*, John Wiley & Sons, New Jersey, NJ, USA.
- El-Haik, B.S. e Roy, D. M. (2005). *Service Design for Six Sigma: A Roadmap for Excellence*, John Wiley & Sons, New Jersey, NJ, USA.
- ElMaraghy, H.A. (2006). “Flexible and Reconfigurable Manufacturing Systems Paradigms”, *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, Vol. 17, No. 4, pp. 261-276.
- Engelhardt, F. e Nordlund, M. (2000). “Strategic Planning Based on Axiomatic Design”, *Proceedings of the 1st International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2000*, Cambridge, MA, USA, June 21-23, pp. 26-34.
- EPA (2009). *The Environmental Professional’s Guide to Lean & Six Sigma*, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA.
- EPICOR (2010). *Seven Technology Tactics to Promote Corporate Social Responsibility*, EPICOR Software Corporation, Irvine, CA, USA.
- Erlandson, P. (2006). “DFSS for Shift Quality Using Full-vehicle ADAMS Model”, *International Journal of Product Development*, Vol. 3, Nos. 3/4, pp. 337-348.
- Escalante, E. (2003). *Seis Sigma: Metodología y Técnicas*, Editorial Limusa, Balderas, Mexico.
- Evans, J.R. (2010). *Quality & Performance Excellence*, South-Western, Mason OH, USA.
- Feng, Q. (2008). “Six Sigma: Continuous Improvement Toward Excellence” (Chapter 3) *In: Kamrani, A.K. e Abouel Nasr, E.S. (eds.) Collaborative Engineering: Theory and Practice*, Springer, New York, NY, USA, Chapter 3, pp. 43-60.
- Fernandes, M.M., Silva, M.B. e Turrioni, J.B. (2010). “Modelo Teórico-Conceitual para Gestão de Portfolio de Projetos Seis Sigma”, XXVIII Encontro Nacional de Engenharia da Produção, São Paulo, SP, Brasil, 12-15 Outubro.
- Ferreira, C. (2000). *Da Contabilidade e do Meio Ambiente*, Vislis Editores, Lisboa, Portugal.
- Ferreira, P.A. (2011). “Implementação de Processos da Fase de Operação de Serviço do ITIL em Ambiente Universitário – O Caso do ISCTE-IUL”, *Dissertação de Mestrado*, Departamento de Ciências e Tecnologias da Informação, ISCTE-IUL, Lisboa, Portugal.

- Ferryanto, L. (2007). "Analytical Design for Six Sigma for Multiple Response Products", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 3, No. 1, pp. 13-32.
- Fioravanti, A. e Kaminski, P.C. (2004). "Design for Six Sigma (DFSS): A Technical and Economical Analysis of its Application in the Vehicle Development Process", *SAE International Technical Papers*, Paper Number 2004-01-3308.
- Folaron, J. (2003). "The Evolution of Six Sigma", *Six Sigma Forum Magazine*, Vol. 2, No. 4, pp. 38-44.
- Fotopoulos, C. e Psomas, E. (2009). "The Use of Quality Management Tools and Techniques in ISO 9001:2000 Certified Companies: the Greek Case", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 58, No. 6, pp. 564-580.
- Fowlkes, W.Y. e Creveling, C.M. (1995). *Engineering Methods for Robust Design: Using Taguchi Methods in Technology and Product Development*, Addison-Wesley Publishing, Reading, MA, USA.
- Franz, L.A. (2009). "Proposta de um Modelo para a Avaliação e Acções de Melhoria na Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho", *Tese de Doutorado*, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.
- Franza, R.M. e Chakravorty, S.S. (2007). "Design for Six Sigma (DFSS): A Case Study", *Proceedings of the International Conference on Management of Engineering & Technology – PICMET 2007*, Portland, OR, USA, August 5-9, pp. 1982-1989.
- Freeman, C. e Soete, L. (1997). *The Economics of Industrial Innovation*, 3rd Edition, Pinter Publishers, London, UK.
- Frey, D.D., Jahangir, E. e Engelhardt, F. (2000). "Computing the Information Content of Decoupled Designs", *Research in Engineering Design*, Vol. 12, pp. 90-102.
- Fricke, E. e Schulz, A.P. (2005). "Design for Changeability (DfC): Principles to Enable Changes in Systems Through their Entire Lifecycles", *Systems Engineering*, Vol. 8, No. 4, pp. 342-359.
- Fry, M. e Bott, M. (2004). "Combining ITIL and Six Sigma to Improve Information Technology Service Management at General Electric", *White Paper*, General Electric.
- Garber, C. (2004). "Six Sigma: Its Role in the Clinical Laboratory", *Clinical Laboratory News*, April, pp. 10-14.
- Garcia, R. e Calantone, R. (2002). "A Critical Look at Technological Innovation Typology and Innovativeness Terminology: A Literature Review", *The Journal of Product Innovation Management*, Vol. 19, No. 2, pp. 110-132.
- Garud, R., Kumaraswamy, A. e Sambamurth, V. (2006). "Emergent by Design: Performance and Transformation at Infosys Technologies", *Organization Science*, Vol. 17, No. 2, pp. 277-286.
- Gaynor, G.H. (2002). *Innovation by Design*, American Management Association, New York, NY, USA.
- Germeraad, P. (2009). "Integration of Intellectual Property Strategy with Innovation Strategy", *Research Technology Management*, Vol. 53, No. 3, pp. 10-18.
- George, M.L., Maxey, J., Rowlands, D.T. e Upton, M. (2005). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to 70 Tools for Improving Quality and Speed*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- George, M.L. (2002). *Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Production Speed*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Gerhorst, F., Grömping, U., Lloyd-Tomas, D e Khalaf, F. (2006). "Design for Six Sigma in Product Development at Ford Motor Company in a Case Study on Robust Exhaust Manifold Design", *International Journal of Product Development*, Vol. 3, Nos. 3/4, pp. 278-291.
- Ginn, D. e Varner, E. (2004). *The Design for Six Sigma Memory Jogger: Tools and Methods for Robust Processes and Products*, GOAL/QPC, Salem, NH, USA.
- Gitlow, H.S., Levine, D.M. e Popovich, E.A. (2006). *Design for Six Sigma for Green Belts and Champions*, Prentice Hall, New Jersey, NJ, USA.
- Godfrey, A.B. e Kennett, R.S. (2007). "Joseph M. Juran, a Perspective on Past Contributions and Future Impact", *Quality and Reliability Engineering Design*, Special Issue, Wiley Inter Science.

- Goel, P. e Gupta, P. (2005). *Six Sigma for Transactions and Service*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Goh, T.N. (2009). "Statistical Thinking and Experimental Design as Dual Drivers of DFSS", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 5, No. 1, pp. 2-9.
- Goh, T.N. (2002). "A Strategic Assessment of Six Sigma", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 18, pp. 403-410.
- Goh, T.N. e Xie, M. (2004). "Improving on the Six Sigma Paradigm", *The TQM Magazine*, Vol. 16, No. 4, pp. 235-240.
- Goh, T.N., Low, P.C., Tsui, K.L. e Xie, M. (2003). "Impact of Six Sigma Implementation on Stock Prices Performance", *TQM & Business Excellence*, Vol. 14, No. 7, pp. 753-763.
- Gonçalves-Coelho, A.M., Mourão, A.J. e Pereira, Z.L. (2005). "Improving the Use of QFD with Axiomatic Design", *Concurrent Engineering*, Vol. 13, No. 3, pp. 233-239.
- Gonçalves-Coelho, A.M. (2004). "Axiomatic Design and the Concurrent Engineering Paradigm", *Academic Journal of Manufacturing Engineering*, Vol. 2, No. 2, pp. 6-15.
- Gonzalez-Zugasti, J.P. (2000), "Models for Platform-Based Product Family Design", *Doctor of Philosophy Thesis*, Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
- Gonzalez-Zugasti, J.P., Otto, K.N. e Baker, J.D. (2001). "Assessing Value in Platformed Product Family Design", *Research in Engineering Design*, Vol. 13, No. 1, pp. 30-41.
- Goudarzlou, A. e Chuan, T.K. (2008). "Using Six Sigma in New Service Development", *Proceedings of the 5th International Conference Service Systems and Service Management – ICSSSM'08*, Melbourne, Australia, June 30 - July 2.
- Gowen III, C.R. e Tallon, W.J. (2005). "Effect of Technological Intensity on the Relationships Among Six Sigma Design, Electronic-business, and Competitive Advantage: A Dynamic Capabilities Model Study", *Journal of High Technology Management Research*, Vol. 16, pp. 59-87.
- Gray, J. e Anantatmula, V. (2009). "Managing Six Sigma Projects Through the Integration of Six Sigma and Project Management Processes", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 5, No. 2, pp. 127-143.
- Gremyr, I. (2005). "Exploring Design for Six Sigma from the Viewpoint of Robust Design Methodology", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 1, No. 3, pp. 295-306.
- Griffin, A. e Hauser, J.R. (1993). "The Voice of the Customer", *Marketing Science*, Vol. 12, No. 1, pp. 1-27.
- Gryna, F.M. (2001). *Quality Planning and Analysis: From Product Development Through Use*, 4th Edition, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Guenov, M.D. (2002), "Complexity and Cost Effectiveness Measures for Systems Design", *Manufacturing Complexity Network Conference*, Cambridge, UK, April 9-10.
- Guenov, M.D. e Barker, S.G. (2004). "Application of Axiomatic Design and Design Structure Matrix to the Decomposition of Engineering Systems", *Systems Engineering*, Vol. 8, No. 1, pp. 29-40.
- Gumus, B. (2005). "Axiomatic Product Development Lifecycle", *Doctoral of Philosophy Thesis*, Texas Tech University, Lubbock, TX, USA.
- Gumus, B., Ertas, A., Tate, D. e Cicek, I. (2008). "The Transdisciplinary Product Development Lifecycle Model", *Journal of Engineering Design*, Vol. 19, No. 3, pp. 185-200.
- Gupta, P. (2004). *Six Sigma Business Scorecards*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Gupta, P. (2001). "The Birth of Six Sigma", *White Paper*, Quality Technology Company.
- Hacham, H. e Sheinman, R. (2003). "The Contribution of the Accreditation Process to Public Administration: Promotion of Vital Organizational Changes", *Accreditation and Quality Assurance*, Vol. 8, pp. 276-281.
- Hague, P. e Jackson, P. (1996). *How to do Marketing Research*, Kogan Page Limited, London, UK.
- Hahn, G.J. (2005). "Six Sigma: 20 Lessons Learned", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 21, pp. 225-233.

- Hahn, G.J., Doganaksoy, N e Hoerl, R. (2000). The Evolution of Six Sigma, *Quality Engineering*, Vol. 12, No. 3, pp. 317-326.
- Hahn, G.J., Hill, W.J., Hoerl, R.W. e Zinkgraf, S.A. (1999). "The Impact of Six Sigma Improvement – A Glimpse into the Future of Statistics", *The American Statistician*, Vol. 53, No. 3, pp. 208-215.
- Haik, Y. e Shahin, T. (2011). *Engineering Design Process*, 2nd Edition, Cengage Learning, Stamford, CT. USA.
- Hambleton, L. (2007). *Treasure Chest of Six Sigma Growth Methods, Tools, and Best Practices: A Desk Reference Book for Innovation and Growth*, Prentice-Hall, New Jersey, NJ, USA.
- Hamilton, A. e Pallaver, M. (2005). "Acclaro DFSS Software Integrating DSM and DFSS", *Proceedings of the 7th International DSM Conference*, October 4-6, Washington, DC, USA.
- Hammer, M. (1990). "Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. *Harvard Business Review* July-August, pp. 104-112.
- Hammer, M. e Champy, J. (1995). *A Reengenharia da Empresa*, Ed. Campos, Rio de Janeiro, Brasil.
- Harry, M.J. (2004). "Where Did the Name "Six Sigma" Come From?", *iSixSigma Forum*. Disponível em: www.isixsigma.com/forum/ask_dr_harry.asp?ToDo=view&questId=109&catId=10
- Harry, M.J. (1998). "Six Sigma: A Breakthrough Strategy for Profitability", *Quality Progress*, Vol. 31, No. 5, pp. 60-64.
- Harry, M.J. Mann, P.S., Hodgins, O., Lacke, C. e Hulbert, R. (2010). *Practitioner's Guide for Statistics and Lean Six Sigma for Process Improvements*, John Wiley & Sons, Danvers, MA, USA.
- Harry, M.J. e Linsenmann, D.R. (2006). *The Six Sigma Fieldbook: How DuPont Successfully Implemented the Six Sigma Breakthrough Management Strategy*, Currency Doubleday, New York, NY, USA.
- Harry, M.J. e Crawford. D. (2005). "Six Sigma: The Next Generation", *Machine Design*, February, pp. 126-132.
- Harry, M.J. e Schroeder, R. (2000). *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations*, Currency Doubleday, New York, NY, USA.
- Hasenkamp, T. (2010). "Engineering Design for Six Sigma – A Systematic Approach", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 26, No. 4, pp. 317-324.
- Hasenkamp, T. e Olme, A. (2008). "Introducing Design for Six Sigma at SKF", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 4, No. 2, pp. 172-189.
- Hauser, J.R. e Clausing, D. (1988), "The House of Quality", *Harvard Business Review*, May-June, pp. 3-13.
- Hauser, J., Tellis, G.J. e Griffin, A. (2006). "Research on Innovation: A Review and Agenda for Marketing Science", *Marketing Science*, Vol. 25, No. 6, pp. 687-717.
- He, T, Tang, X. e Chang, W. (2010). "Technical Decomposition Approach of Critical to Quality Characteristics for Product Design for Six Sigma", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 26, No. 4, pp. 325-339.
- Helferich, A., Herzwurm, G. e Schockert, S. (2005). "QFD-PPP: Product Line Portfolio Planning Using Quality Function Deployment", *Computer Science*, Vol. 3714, pp. 162-173.
- Henderson, R. e Clark, K.B. (1990). "Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing", *Administration Science Quarterly*, Vol. 35, No. 1, pp. 9-30.
- Henriksen, B. e Andersen, B. (2010). "Is There a Tactical Level of Business Processes?", *The TQM Journal*, Vol. 22, No. 5, pp. 516-528.
- Hidalgo, A. e Albors, J. (2008). "Innovation Management Techniques and Tools: a Review from Theory and Practice", *R&D Management*, Vol. 38, No. 2, pp. 113-127.
- Hildebrand, B. (2007). "Photoreceptor Belt Tensioning System". *iSixSigma Magazine*, July/August, pp. 47-55.
- Hindo, B. (2007). "At 3M, A Struggle between Efficiency and Creativity", *Business Week*, June 11, pp. 949-954.
- Hintersteiner, J.D. (1999). "A Fractal Representation for Systems", *Proceedings of the 1999 International CIRP Design Seminar*, Enschede, Holland, March 24-26.

- Hintersteiner, J.D. e Friedman, G. (1999). System Architecture Template, *White Paper*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
- Hintersteiner, J.D. e Nain, A. (1999). "Integrating Software into Systems: An Axiomatic Design Approach." *Proceedings of the 3rd International Conference on Engineering Design and Automation*, Vancouver, Canada. August 1-4.
- Hintersteiner J.D. e Tate D. (1998). "Command and Control in Axiomatic Design Theory: Its Role and Placement in the System Architecture", *Second International Conference on Engineering Design and Automation*, Maui, HI, USA, August 9-12.
- Hirtz, J., Stone, R., McAdams, D., Szykman, S., e Wood, K. (2002), "A Functional Basis for Engineering Design: Reconciling and Evolving Previous Efforts," *Research in Engineering Design*, Vol. 13, No. 2, pp. 65-82.
- Hoerl, R.W. e Gardner, M.M. (2010). "Lean Six Sigma, Creativity, and Innovation", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1, No. 1, pp. 30-38.
- Hoerl, R.W. (2004). "One perspective on the future of Six-Sigma", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 1, No.1, pp. 112-119.
- Hoyle, D. (2003). *ISO 9000:2000: An A-Z Guide*, Butterworth-Heinemann, Woburn, MA, USA.
- Hoyle, D. (2001). *ISO 9000 Quality Systems Handbook*, Fourth Edition, Butterworth-Heinemann, Woburn, MA, USA.
- Hrgarek, N e Bowers, K. (2009). "Integrating Six Sigma into a Quality Management System in the Medical Device Industry", *Journal of Information and Organizational Science*, Vol. 33, No. 1, pp. 1-11.
- Hu, M. and Antony, J. (2007), "Enhancing Design Decision Making Through Development of Proper Transfer Function in Design for Six Sigma Framework", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 3 No. 1, pp. 33-55.
- Hu, M. e Pieprzak, J. (2005). "Using Axiomatic Design to Improve Conceptual Design Robustness in Design for Six Sigma (DFSS) Methodology", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 1, No. 3, pp. 245-262.
- Hu, M., Yang, K. e Taguchi, S. (2000). "Enhancing Robust Design with the Aid of TRIZ and Axiomatic Design (Part I)", *TRIZ Journal*, October. Disponível em <http://www.triz-journal.com/archives/2000/10/e/2000-10e.pdf>.
- Huang, C., Chen, K.S. e Chang, T. (2010). "An application of DMADV Methodology for Increasing the Yield Rate of Surveillance Cameras", *Microelectronics Reliability*, Vol. 50, No. 2, pp. 266-272.
- Hubka, V. e Eder, W.E. (1988). *Theory of Technical Systems: A Total Concept Theory for Engineering Design*, Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- Hughes, G.D. (2003). "Add Creativity to Your Decision Processes", *Journal for Quality and Participation*, Vol. 26, No. 2, pp. 4-13.
- Hunt, R.A. e Xavier, F.B. (2003). "The Leading Edge in Strategic QFD", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 20, No. 1, pp. 56-73.
- Huthwaite, B. (2007). *The Lean Design Solution: A Practical Guide to Streamlining Product Design and Development*, Institute for Lean Innovation, Mackinac Island, MI, USA.
- IBM Corporation (2007). "Green Sigma: How to Optimise your Carbon Management through Green Sigma", *White Paper – Part of a Series on Carbon Management*.
- Imai, M. (1997). *Gemba Kaizen: A Commonsense, Low-cost Approach to Management*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- INCOSE (2004). *Systems Engineering Handbook – A "What To" Guide for All SE Practitioners*, International Council on Systems Engineering, Seattle, WA, USA.
- IPAC (2010). *Guia para a Aplicação da NP EN ISO/IEC 17025*. Instituto Português de Acreditação, Caparica, Portugal.
- IPAC (2009). *Guia para a Aplicação da ISO/IEC 17020*. Instituto Português de Acreditação, Caparica, Portugal.
- IPQ (2009). *Manual de Normalização*, Instituto Português da Qualidade, Departamento de Normalização, Caparica, Portugal.

- IPQ (2008). *NP 4397:2008: Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho: Requisitos*, Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal.
- IPQ (2007a). *NP 4456:2007: Gestão da Investigação, Desenvolvimento e Inovação (IDI) – Terminologia e Definições das Actividades de IDI*, Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal.
- IPQ (2007b). *NP 4457:2007: Gestão da Investigação, Desenvolvimento e Inovação (IDI) – Requisitos do Sistema de Gestão da IDI*, Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal.
- IPQ (2004). *NP 4427:2004: Sistemas de Gestão de Recursos Humanos*, Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal.
- Ishii K. (2001). *ME317 dfM: Product Definition Course Book*, Stanford Bookstore, Stanford University, CA, USA.
- ISO (2011a). *Standard ISO 13053-1:2011: Quantitative Methods in Process Improvement – Six Sigma – Part 1: DMAIC Methodology*, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- ISO (2011b). *Standard ISO 13053-1:2011: Quantitative Methods in Process Improvement – Six Sigma – Part 1: Tools and Techniques*, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- ISO (2011c). *The ISO Survey of Certifications 2010*, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- ISO (2008a). *Standard ISO 9001:2008: Quality Management Systems – Requirements*, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- ISO (2008b). *Implementation Guidance for ISO 9001:2008 – Document: ISO/TC 176/SC 2/N836*, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- ISO (2005). *Standard ISO 9000:2005: Quality Management Systems – Fundamentals and Vocabulary*, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- ISO (2004). *ISO/IEC Guide 2:2004: Standardization and Related Activities -- General Vocabulary*, International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission, Genève, Switzerland.
- ISO (2003). *ISO/TR 10017:2003: Guidance on Statistical Techniques for ISO 9001:2000*, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- ISO (2002). *ISO/IEC 15288:2002: Systems Engineering – System Lifecycle Processes*, International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission, Genève, Switzerland.
- ISO (2001). *ISO Guide 72:2001: Guidelines for the Justification and Development of Management System Standards*, International Organization for Standardization, Genève, Switzerland.
- itSMF International (2007). “ITIL Version 3 Roadshow”, *ITIL V3 Global Roadshow Convention*, Sydney, Australia, June 20.
- Jacobs, M., Droge, C., Vickery, S.K. e Calantone, R. (2011). “Product and Process Modularity’s Effects on Manufacturing Agility and Firm Growth Performance”, *Journal of Product Innovation Management*, Vol. 28, No. 1, pp. 123-137.
- Janicak, C.A. (2003). “Safety Metrics: Tools and Techniques for Measuring Safety Performance”, *White Paper*, ABS Consulting/Government Industries, Rockville, MD, USA.
- Janszen, F. (2000). *The Age of Innovation – Making Business Creativity a Competence, not a Coincidence*, Prentice-Hall, London, UK.
- Jiang, P., Zhao, X., Yang, B., Zhao, L. e Tan, R. (2007). “The Product Family Design Based on Axiomatic Design”, *Proceedings of the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, Singapore, December 2-4, pp. 758-762.
- Jiao, J., Simpson, T.W. e Siddique, Z. (2007). “Product Family Design and Platform-Based Product Development: A State-of-the-Art Review”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 18, No. 1, pp. 5-29.

- Johannesson, H. (2004). "Function-Means Based Conflict Analysis in Conceptual Design of System Products", *7th Workshop on Product Structuring – Product Platform Development*, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, March 24-25, pp. 69-86.
- Johnson, J.A., Gitlow, H., Widener, S. e Popovich, E. (2006). "Designing New Housing at the University of Miami: A "Six Sigma" DMADV/DFSS Case Study", *Quality Engineering*, Vol. 18, No. 3, pp. 299-323.
- Jones, E.C., Parast, M.M. e Adams, S.G. (2010). "A Framework for Effective Six Sigma Implementation", *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 21, No. 4, pp. 415-424.
- Jonker, J. e Karapetrovik, S. (2004). "Systems Thinking for the Integration of Management Systems", *Business Process Management*, Vol. 10, No. 6, pp. 608-615.
- Jørgensen, T.H., Remmen, A. e Mellado, M.D. (2006). "Integrated Management Systems – Three Different Levels of Integration", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 14, pp. 713-722.
- Jou, Y.T., Chen, C.H., Hwang, C.H., Lin, W.T. e Huang, S.J. (2010): A Study on the Improvements of New Product Development Procedure Performance – An Application of Design for Six Sigma in a Semi-Conductor Equipment Manufacturer, *International Journal of Production Research*, Vol. 48, No. 19, pp. 5573-5591.
- Judd, T.C. (2005). "Program Level Design for Six Sigma", *White Paper*, Cognition Corporation and SAE International.
- Jugulum, R. e Samuel, P. (2008). *Design for Lean Six Sigma: A Holistic Approach to Design for Innovation*, John Wiley & Sons, New Jersey, NJ, USA.
- Junker, B., Maheshwari, G., Ranheim, T., Altaras, N., Stankevicz, M., Harmon, L., Rios, S. e D'anjou, M. (2011). "Design-for-Six-Sigma To Develop a Bioprocess Knowledge Management Framework", *PDA Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, Vol. 65, No. 2, pp. 140-165.
- Juran, J.M. e Godfrey, A.B. (Eds.) (1999). *Juran's Quality Handbook*, Fifth Edition, McGraw-Hill, Singapore.
- Juran, J.M. (1997). "Early SQC: A Historical Supplement", *Quality Progress*, Vol. 30, No. 9, pp. 73-81.
- Juran, J.M. (Ed.) (1995). *A History of Managing for Quality: The Evolution, Trends, and Future Direction of Managing for Quality*, ASQC Quality Press, Milwaukee, WI, USA.
- Juran, J.M. (1992). *Juran on Quality by Design: The New Steps for Planning Quality into Goods and Services*, The Free Press, New York, NY, USA.
- Kalamdani, R. and Khalaf, F. (2006), "Application of Design for Six Sigma to Manufacturing Process Design at Ford PTO", *International Journal of Product Development*, Vol. 3, Nos. 3/4, pp. 369-87.
- Kaplan, S., Bisgaard, S., Truesdell, D. e Zetterholm, S. (2009). "Design for Six Sigma in Healthcare: Developing an Employee Influenza Vaccination Process", *Journal for Healthcare Quality*, Vol. 31, No. 3, pp. 36-43.
- Karapetrovic, S. (2002). "Strategies for the Integration of Management Systems and Standards", *The TQM Magazine*, Vol. 14, No. 1, pp. 61-67.
- Karthi, S., Devadasan, S.R. e Murugesh, R. (2011). "Integration of Lean Six-Sigma with ISO 9001:2008 Standard", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 2, No. 4, pp. 309-331.
- Kato, J.M. (2003). "Avaliação de Desempenho de Sistemas Logísticos através do Seis Sigma e Balanced Scorecard", *Revista FAE*, Vol. 6, No. 2, pp. 113-124,
- Kaufman, J.J. (1998). "The Power of FAST in Value Management", CSVA International Conference, Houston, TX, USA, February.
- Kelly, W.M. (2002). "Three Steps to Project Selection", *Six Sigma Forum Magazine*, Vol. 2, No. 1, pp. 29-32.
- Kendrick, J.D. e Saaty, D. (2007). "Use Analytical Hierarchy Process for Project Selection", *Six Sigma Forum Magazine*, Vol. 7, No. 8, pp. 22-29.
- Kiemele, M.J. (2003). "Using the Design for Six Sigma (DFSS) Approach to Design, Test, and Evaluate to Reduce Program Risk", *NDIA Test and Evaluation Summit*, Victoria, BC, Canada, February 24-27.

- Kim, S.K., Ishii, K. e Beiter, K.A. (2008). "Scenario Based Design for Amorphous", *MML Technical Paper*, Stanford University, Stanford, CA, USA.
- Kim, W.C. e Mauborgne, R. (2006). *Blue Ocean Strategy: How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant*, Harvard Business School Press, Boston, MA, USA.
- Klefsjö, B., Bergquist, B. e Edgeman, R.L. (2006). "Six Sigma and Total Quality Management: Different Day, Same Group?", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 2, No. 2, pp. 162-178.
- Klefsjö, B., Wiklund, H. e Edgeman, R.L. (2001). "Six Sigma Seen as a Methodology for Total Quality Management", *Measuring Business Excellence*, Vol. 5, No. 1, pp. 31-35.
- Knowles, G., Whicker, L., Femat, J.H. e Canales, F. (2005). "A Conceptual Model for the Application of Six Sigma Methodologies to Supply Chain Improvement", *International Journal of Logistics: Research and Applications*, Vol. 8, No. 1, pp. 51-65.
- Köksal, G., Batmaz, I. e Testik, M.C. (2011). "A Review of Data Mining Applications for Quality Improvement in Manufacturing Industry", *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, No. 10, pp. 13448-13467.
- Könnölä, T. e Unruh, G.C. (2007). "Really Changing the Course: the Limitations of Environmental Management Systems for Innovation", *Business Strategy and the Environment*, Vol. 16, No. 8, pp. 525-537.
- Koopman Jr., P.J. (1995). "A Taxonomy of Decomposition Strategies Based on Structures, Behaviours and Goals", *Proceedings of the ASME Design Theory & Methodology Conference*, Boston, MA, USA, September, Vol. 2, pp. 611-618.
- Koziol, S. e Derlukiewicz, D. (2011). "Method of Assessing the Quality of the Design Process of Construction Equipment with the Use of DFSS (Design for Six Sigma)", *Automation in Construction*, doi:10.1016/j.autcon.2011.07.006.
- Krishnapillai, R e Zeid, A. (2006). "Mapping Product Design Specification for Mass Customization", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 17, 29–43.
- Krosnick, J.A. e Presser, S. (2010). "Question and Questionnaire Design", *In: Marsden, P.V. e Wright, J.D. (Eds.). Handbook of Survey Research*, 2nd Edition, Emerald Publishing, Bingley, MA, USA.
- Kubiak, T. (2003). "An Integrated Approach System", *Quality Progress*, Vol. 36, No. 7, pp. 41-45.
- Kubiak, T.M. e Benbow, D.W. (2009). *The Certified Six Sigma Black Belt Handbook*, 2nd Edition, ASQ Quality Press, Milwaukee, WI, USA.
- Kulak, O., Cebi, S. e Kahraman, C. (2010). "Applications of Axiomatic Design Principles: A literature Review", *Expert Systems with Applications*, Vol. 37, No. 9, pp. 6705–6717.
- Kumar, M., Antony, J., Madu, C.N., Montgomery, D.C. e Park, S.H. (2008). "Common Myths of Six Sigma Demystified", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 25, No. 8, pp. 878-895.
- Kumar, M., Antony, J., Antony, F.J. e Madu, C.N. (2007a). "Winning Customer Loyalty in an Automotive Company through Six Sigma: A Case Study", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 23, pp. 849-866.
- Kumar, U.D., Saranga, H., Ramírez-Marques, J.E. e Nowicki, D. (2007b). "Six Sigma Project Selection Using Data Envelopment Analysis", *The TQM Magazine*, Vol. 19, No. 5, pp. 419-441.
- Kumar, U.D., Crocker, J., Chitra, T. e Saranga, H. (2006). *Reliability and Six Sigma*, Springer, New York, NY, USA.
- Kuthe, A.M. e Tharakan, B.D. (2009). "Application of ANN in Six Sigma DMADV and its Comparison with Regression Analysis in View of a Case Study in a Leading Steel Industry", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 5, No. 1, pp. 59-74.
- Kwak, Y.H. e Anbari, F.T. (2006). "Benefits, Obstacles, and Future of Six Sigma Approach", *Technovation*, Vol. 26, pp. 708-715.
- Kwak, Y.H., Wetter, J.J. e Anbari, F.T. (2006). "Business Process Best Practice: Project Management or Six Sigma?", *White Paper*, Project Management Institute.

- Laudati, R.P. (2007). "Utility Design for Reliability – Optimization with Six Sigma Tools", *Proceedings of the 19th International Conference on Electricity Distribution – CIRED 2007*, Vienna, Austria, May 21-24.
- Le Corre, A. e Mischke, G. (2005). *The Innovation Game: A New Approach to Innovation Management and R&D*, Springer, Boston, MA, USA.
- Lee, P.K., To, W.M. e Yu, B.T.W. (2009). "The Implementation and Performance Outcomes of ISO 9000 in Service Organizations", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 26, No. 7, pp. 646-662.
- Lee, T. (2006). "Optimal Strategy for Eliminating Coupling Terms from a Design Matrix", *Journal of Integrated Design & Process Science*, Vol. 10, No. 2, pp. 45-55.
- Lee, T. (2003). "Complexity Theory in Axiomatic Design", *Doctoral Thesis*, Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
- Lee, Y., Wu, W. e Tzeng, G. (2008). "An Effective Decision-Making Method Using a Combined QFD and ANP Approach", *WSEAS Transactions on Business and Economics*, Vol. 5, No.12, pp. 541-551.
- Leifer, R., McDermott, C.M., O'Connor, G.C., Peters, L.S., Rice, M.P. e Veryzer, R.W. (2000). *Radical Innovation: How Mature Companies can Outsmart Upstarts*, Harvard Business School Press, Boston, MA, USA.
- Leigh, J. e Waddock, S. (2006). "The Emergence of Total Responsibility Management Systems: J. Sainsbury's (plc) Voluntary Responsibility Management Systems for Global Food Retail Supply Chains", *Business and Society Review*, Vo. 11, No. 4, pp. 409-426.
- Leiponen, A. e Helfat, C.E. (2009). "Innovation Objectives, Knowledge Sources, and the Benefits of Breadth", *Strategic Management Journal*, Vol. 31, No. 2, pp. 224-236.
- Leitner, P.M. (1999). "Japan's Post-War Economic Success: Deming, Quality and Contextual Realities", *Journal of Management History*, Vol. 5, No. 8, pp. 489-505.
- Lenfle, S. e Baldwin, C.Y. (2007). "From Manufacturing to Design: An Essay on the Work of Kim B. Clark", *Working Paper*, 07-057, March.
- Li, Y.Q., Cui, Z.S. Ruan, X.Y. e Zhang, D.J. (2006). "CAE-Based Six Sigma Robust Optimization for Deep-Drawing Sheet Metal Process", *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 30, Nos. 7-8, pp. 631-637.
- Liker, J.K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Lin, C., Chen, L., Yu, H. (2010). "Application of DFSS for ODM Electronic Product Development – An Empirical Study of a Wireless Communication Company", *Journal of Quality*, Vol. 17, No. 6, pp. 501-526.
- Lin, L., Li, T. e Kiang, J.P. (2009). "A Continual Improvement Framework with Integration of CMMI and Six Sigma Model for Auto Industry", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 25, pp. 551-569.
- Linderman, K., Schroeder, R.G., Zaheer, S. e Choo, A.S. (2003). "Six Sigma: A Goal-Theoretic Perspective", *Journal of Operations Management*, Vol. 21, pp. 193-203.
- Lindholm, D., Tate, D. e Harutunian, V. (1999). "Consequences of Design Decisions in Axiomatic Design", *Transactions of the Society for Design and Process Science*, Vol. 3, No. 4, pp. 1-12.
- Liu, C., Wang, C. e Lee, Y. (2008). "Revisit Service Classification to Construct a Customer-Oriented Integrative Service Model", *International Journal of Service Industry Management*, Vol. 19, No. 5, pp. 639-661.
- Lockheed Martin Corporation (2004). *LM21 Operating Excellence Green Belt Training Program*, Lockheed Martin Corporation, USA.
- Lofthouse, T. (1999). "The Taguchi Loss Function", *Work Study*, Vol. 48, No. 6, pp. 218-222.
- Lok, P., Rhodes, J., Diamond, A. e Bhatia, N. (2008). "The Six Sigma Approach in Performance Management to Improve Safety Culture at Work", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 4, No. 2, pp. 151-171.
- Lopes, M. e Teixeira, A.A.C. (2009). "Open Innovation in Firms Located in an Intermediate Technology Developed Country", *FEP Working Paper*, No. 314, University of Porto.

- Lunau, S., John, A., Meran, R., Roenpage, O. e Staudter, C. (2008). *Six Sigma^{+Lean} Toolset – Executing Improvement Projects Successfully*, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.
- Lunau, S., Staudter, C., Mollenhauer, J., Meran, R., Roenpage, O., Von Hugo, C. e Hamalides, A. (2009). *Design for Six Sigma^{+Lean} Toolset – Implementing Innovations Successfully*, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany.
- Lupan, R., Bacivarof, I.C., Kobi, A., Robledo, C. (2005) “A Relationship between Six Sigma and ISO 9001:2000”, *Quality Engineering*, Vol. 17, pp. 719-725.
- Lynch, D.P., Bertolino, S. e Cloutier, E. (2003). “How to Scope DMAIC Projects”, *Quality Progress*, Vol. 36, No. 1, pp. 37-41.
- Maass, E. e McNair, P.D. (2010). *Applying Design for Six Sigma to Software and Hardware Systems*, Prentice-Hall, New Jersey, NJ, USA.
- Mader, D.P. (2006). “Deploying the ‘D’ in DFSS”, *Quality Progress*, Vol. 39, No. 7, pp. 73-74.
- Mader, D.P. (2003). “DFSS and Your Current Design Process”, *Quality Progress*, July, pp. 88-89.
- Mader, D.P. (2002), “Design for Six Sigma”, *Quality Progress*, Vol. 35, No. 7, pp. 82-86.
- Maleyeff, J. e Krayenvenger, D.E. (2004). “Goal Setting with Six Sigma Mean Shift Determination”, *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, Vol. 76, No. 6. pp. 577-583.
- Malmqvist, J. (2002). “A Classification of Matrix-Based Methods for Product Modeling”, *Proceedings of the 7th International Design Conference – DESIGN 2002*, Debrovnik, Croatia, May 14-17.
- Malmqvist, J. (1995) A Computer-Based Approach Towards Including Design History Information in Product Models and Function-Means Trees. *Proceedings of the 7th Design Theory and Methodology Conference – DTM’95*, Boston, MA, USA, September.
- Mandelbaum, J., Williams, H.W. e Hermes, H.C. (2010). *Value Engineering Synergies with Lean Six Sigma*, Institute for Defense Analyses, Alexandria, VA, USA.
- Mann, D. (2009). “Updating TRIZ: 2006-2008 Patent Research Findings”, *TRIZ Journal*, January. Disponível em <http://www.triz-journal.com/archives/2009/01/02/>
- Mann, D. (2002). “Axiomatic Design and TRIZ: Compatibilities and Contradictions”, *Proceedings of the 2nd International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2002*, Cambridge, MA, USA, June 10-11.
- Mann, D. e Dewulf, S. (2003). “Updating TRIZ: 1985-2002 Patent Research Findings”, *CREAX White Paper*, CREAX.
- Marques P.A., Alink T., Saraiva P.M., Albers A., Requeijo, J.G. e Guerreiro F.F. (2009), “Integration of the Contact and Channel Model with Axiomatic Design”, *Proceedings of the 5th International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2009*, Caparica, Portugal, March 25-27.
- Marsh, J. (2009). “Exploration of the Impact of Business Improvement approach Lean Six Sigma on the Environment”, *The International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability*, Vol. 5, No. 1, pp. 357-366.
- Marsh, J. e Perera, T. (2010). “The ISO 14001 Standard: Analysis into Its Strengths and Weaknesses, and Potential Opportunities for Deployment by Tomorrow’s Global Business”, *The International Journal of Environmental, Cultural, Economic and Social Sustainability*, Vol. 6, No. 3, pp. 23-36.
- Martin, M.V. (1999). “Design for Variety: A Methodology for Developing Product Platform Architectures”, Doctoral Dissertation, Department of Mechanical Engineering, Stanford University, CA, USA.
- Martin, M. e Ishii, K. (2002). “Design for Variety: Developing Standardized and Modularized Product Platform Architectures”, *Research in Engineering Design*, Vol. 13, No. 4, pp. 213-235.
- Martinez-Lorente, A.R., Dewhurst, F. e Dale, B.G. (1998). “Total Quality Management: Origins and Evolution of the Term”, *The TQM Magazine*, Vol. 10, No.5, pp. 378-386.
- Martins, J.G. (2004). *Serralharias: Condições Técnicas de Execução*, Universidade Fernando Pessoa, Apoio da disciplina Materiais de Construção II, Porto, Portugal.

- Matias, J.C. e Coelho, D.A. (2011). "Integrated Total Quality Management: Beyond Zero Defects Theory and Towards Innovation", *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 22, No. 8, pp. 891-910.
- Matt, D.T. (2009). "Reducing the Time Dependent Complexity in Organizational Systems using the Concept of Functional Periodicity", *Proceedings of the 5th International Conference on Axiomatic Design - ICAD 2009*, Campus Caparica, Portugal, March 25-27.
- Mawby, W.D. (2007). *Project Portfolio Selection for Six Sigma*, ASQ Quality Press, Milwaukee, WI, USA.
- Mazur, G.H. e Huber, C. (2002), "QFD and Design for Six Sigma", *Proceedings of the 14th Symposium on QFD*, San Diego, CA, USA, December 2002.
- Mazzola, M., Gentili, E. e Aggogeri, F. (2007). "SCOR, Lean and Six Sigma Integration for a Complete Industrial Improvement", *International Journal of Manufacturing Research*, Vol. 2, No. 2, pp. 188-197.
- McCarty, T., Bremer, M., Daniels, L. e Gupta, P. (2004). *The Six Sigma Black Belt Handbook*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- McDermott, C.M. e O'Connor, G.C. (2002). "Managing Radical Innovation: An Overview of Emergent Strategy Issues", *The Journal of Product Innovation Management*, Vol. 19, No. 6, pp.424-438.
- McMunigal, J.E. e Bebb, H.B. (2006), "Design for Six Sigma: A Mandate for Competitiveness", In: Kutz, M. (Ed.). *Mechanical Engineers' Handbook: Materials and Mechanical Design – Volume 1*, 3rd Edition, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, Chapter 17, pp. 581-611.
- Mejabi, O.O. (2003). "Framework for a Lean Manufacturing Planning System", *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, Vol. 5, Nos. 5/6, pp. 563-578.
- Melvin, J. (2003). "Axiomatic System Design", *Doctoral Thesis*, Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
- Melvin, J. e Suh, N.P. (2002). "Beyond the Hierarchy: System-Wide Rearrangements as a Tool to Eliminate Iteration", *Proceedings of the 2nd International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2002*, Cambridge, MA, USA, June 10-11.
- Meyer, M.H. e DeTore, A. (2001). "PERSPECTIVE: Creating a Platform-Based Approach for Developing New Services", *The Journal of Product Innovation Management*, Vol. 18, No. 3, pp. 188-204.
- Meyer, M.H. e Lehnerd, A.P. (1997). *The Power of Product Platforms*, The Free Press, New York, NY, USA.
- Miles, I. (2008). "Patterns of innovation in service industries", *IBM Systems Journal*, Vol. 47, No. 1, pp. 115-128.
- Miles, L.D. (1989). *Techniques of Value Analysis and Engineering*, 3rd Edition, Lawrence D. Miles Value Foundation.
- Mitra, A. (2004). "Six Sigma Education: A Critical Role Academia", *The TQM Magazine*, Vol. 16, No. 4, pp. 293-302.
- Moen, R. e Norman, C. (2009). "Evolution of the PDCA Cycle", *Proceedings of the Asian Network for Quality Congress*, Tokyo, Japan, September 15-19.
- Montgomery, D.C. (2010). "A Modern Framework for Achieving Enterprise Excellence", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1, No. 1, pp. 56-65.
- Montgomery, D.C. (2005). "Generation III Six Sigma", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 21, No. 6, pp. iii-iv.
- Montgomery, D.C. e Woodall, W.H. (2008). "An Overview of Six Sigma", *International Statistical Review*, Vol. 76, No. 3, pp. 329-346.
- Moon, S.K., Shu, J. Simpson, T.W. e Kumara, S.R.T. (2010). "A Module-Based Service Model for Mass Customization: Service Family Design", *IIE Transactions*, Vol. 43, No. 3, pp. 153-163.
- Morais, J.A. e Santos, A.B. (2010). "Aspectos Metodológicos do Uso da Abordagem Lean Seis Sigma para Reduzir Desperdício em Indústrias de Alimentos", *White Paper*.

- Narayanan, H. e Khoh, S.B. (2010). "Deploying Design for Six Sigma in New Product Development", *Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, Singapore, June 2-5, pp. 281-286.
- Narayanan, H. e Khoh, S.B. (2008). "Managing Change Towards Design for Six Sigma", *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Management of Innovation and Technology*, Bangkok, Thailand, September 21-24, pp. 1110-1115.
- NASA (1995). *NASA Systems Engineering Handbook*, National Aeronautics and Space Administration, Washington, DC, USA.
- Nave, D. (2002) "How to Compare Six Sigma, Lean and the Theory of Constraints", *Quality Progress*, Vol. 35, No. 3, pp. 73-78.
- Ng, E., Tsung, F., So, R., Li, T.S. e Lam, K.Y. (2005). "Six Sigma Approach to Reducing Fall Hazards among Cargo Handlers Working on Top of Cargo Containers: a Case Study", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 1, No. 2, pp. 188-209.
- Nonaka, I. (1993). "The History of the Quality Circle", *Quality Progress*, Vol. 26, No. 9, pp. 81-83.
- Nonthaleerak, P. e Hendry, L. (2008), "Exploring the Six Sigma Phenomenon Using Multiple Case Study Evidence", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 28, No. 3, pp. 279-303.
- Nonthaleerak, P. e Hendry, L. (2006), "Six Sigma: Literature Review and Key Future Research Areas", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 2, No. 2, pp. 105-161.
- Null, S.R. (2003). "Understanding and Applying DFSS to Software Design and Development", *Six Sigma for Software Development Conference*, Boston, MA, USA, October 16-17.
- O'Neill, P. e Sohal, A.S. (1999). "Business Process Reengineering: A Review of Recent Literature", *Technovation*, Vol. 19, pp. 571-581.
- OCDE e Eurostat (2005). *Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data*, Third Edition, Organisation for Economic Co-Operation and Development, Paris, France.
- OGC (2007a). *ITIL Version 3: Service Strategy*, The Stationery Office, London, UK.
- OGC (2007b). *ITIL Version 3: Service Design*, The Stationery Office, London, UK.
- OGC (2007c). *ITIL Version 3: Service Transition*, The Stationery Office, London, UK.
- OGC (2007d). *ITIL Version 3: Service Operation*, The Stationery Office, London, UK.
- OGC (2007e). *ITIL Version 3: Continual Service Improvement*, The Stationery Office, London, UK.
- OGC (2007f). *The Official Introduction to the ITIL Service Lifecycle*, The Stationery Office, London, UK.
- Ogot, M. (2011). "Conceptual Design Using Axiomatic Design in a TRIZ Framework", *Procedia Engineering*, Vol. 9, pp. 736-744.
- Oh, H.L. (2006). "Emending Axiom II do Achieve a Six Sigma Design", *Proceedings of the 4th International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2006*, Florence, Italy, June 13-16.
- Oh, H.L. (2004). "Unifying Axiomatic Design and Robust Through the Transfer Function", *Proceedings of the 3rd International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2004*, Seoul, Korea, June 21-24.
- Okudan, G.E. e Tauhid, S. (2008), "Concept Selection methods – A Literature Review from 1980 to 2008", *International Journal of Design Engineering*, Vol. 1, No. 3, pp. 243-277.
- Oliveira, M.A., Nunes, R.C., Amaral, E.C., Zen, E. e Pereira, S.N. (2008). "Uma Metodologia de Gestão de Segurança da Informação Direcionada a Riscos Baseado na Abordagem Seis Sigma", XXVIII Encontro Nacional de Engenharia da Produção, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13-16 Outubro.
- Otto, K.N. (2005). "Design for Six Sigma: Opportunities for Medical Device Companies", *White Paper*, Product Genesis, Cambridge, MA, USA.
- Otto, K.N. e Hölttä, K. (2007). "A Multi-Criteria Assessment Tool for Screening Preliminary Product Platform Concepts", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 18, No. 1, pp. 59-75.
- Otto, K.N. e Wood, K.L. (2001). *Product Design – Techniques in Reverse Engineering and New Product Development*, Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.

- Pahl, G. e Beitz, W. (1996). *Engineering Design: A Systematic Approach*, 2nd Edition, Springer-Verlag, London, UK.
- Pande, P.S., Neuman, R.P. e Cavanagh, R.R. (2000), *The Six Sigma Way*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Park, G. (2007). *Analytic Methods for Design Practice*, Springer-Verlag, London, UK.
- Park, S.H. (2003). *Six Sigma for Quality and Productivity Promotion*, Asian Productivity Organization (APO), Tokyo, Japan.
- Park, S.H. e Antony, J. (2008). *Robust Design for Quality Engineering and Six Sigma*, World Scientific Publishing, London, UK.
- Patterson, A., Bonissone, P. e Pavese, M. (2005). "Six Sigma Applied Throughout the Lifecycle of an Automated Decision System", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 21, pp. 275-292.
- Pekkarinen, S., Ulkuniemi, P. (2008). "Modularity in Developing Business Services by Platform Approach", *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 19, No. 1, pp. 84-103.
- Pepper, M.P. e Spedding, T.A. (2010). "The Evolution of Lean Six Sigma", *International Journal of Six Sigma & Reliability Management*, Vol. 27, No. 2, pp. 138-155.
- Pereira, Z.L. (1999). *Planeamento e Controlo da Qualidade – Textos de Apoio*, FCT-UNL, Ano Lectivo 1999/2000, Caparica, Portugal.
- Pereira, Z.L. (2006). "Qualidade e Inovação", *White Paper*, Portal EDVDigital. Disponível em http://qi.idit.up.pt/uploads/qi_projdocs9.pdf
- Pereira, Z.L. e Requeijo, J. G. (2008). *Qualidade: Planeamento e Controlo Estatístico de Processos*, Editora Prefácio, Lisboa, Portugal.
- Peters, T.J. e Austin, N. (1985). *A Passion for Excellence: The Leadership Difference*. Warner Books, New York, NY, USA.
- Pfeifer, T., Reissiger, W. e Canales, C. (2004). "Integrating Six Sigma with Quality Management Systems", *The TQM Magazine*, Vol. 16, No. 4, pp. 241-249.
- Piasecki, D.J. (2009). *Inventory Management Explained*, Ops Publishing, Kenosha, WI, USA.
- Pojasek, R.B. (2003). "Lean, Six Sigma, and the Systems Approach: Management Initiatives for Process Improvement", *Environmental Quality Management*, Vol. 13, No. 2, pp. 85-92.
- Ponsignon, F. (2010). "Process Design in an Information-Intensive Service Delivery System: An Empirical Study", *Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy in Management*, Business School, University of Exeter, Exeter, Devon, UK.
- Popadiuk, S. e Choo, C.W. (2006). "Innovation and Knowledge Creation: How Are These Concepts Related?", *International Journal of Information Management*, Vol. 26, No. 4, pp. 302-312.
- Porter, M.E. (1980). *Competitive Strategy: Technique for Analyzing Industries and Competitors*, The Free Press, New York, NY, USA.
- Pries, K.H. (2009). *Six Sigma for the New Millennium: A CSSBB Guidebook*, 2nd Edition, ASQ Quality Press, Milwaukee, WI, USA.
- Probst, J. e Case, G. (2009). "Integrating Six Sigma and ITIL for Continual Service Improvement", *White Paper*, OGC – Best Management Practice.
- Pyzdek, T. (2003a). *The Six Sigma Handbook: A Complete Guide to Green Belts, Black Belts and Managers at All Levels*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Pyzdek, T. (2003b). *The Six Sigma Project Planner: A Step-by-Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Pyzdek, T. (2000). "Selecting Six Sigma Projects", *Quality Digest*, September, pp. 20.
- Pyzdek, T. (1999). "Why Six Sigma is not Enough", *Quality Digest*, November, pp. 26.
- Pyzdek, T. (1998). "How do I Compute σ ? Let Me Count the Ways", *Quality Digest*, May.
- Quinn, D. (2005). "Six Sigma Leaders: Ex-CEO of GE Believes Six Sigma goes Beyond Quality", *Quality*, March, pp. 80.

- Quinn, D. (2003). "What is Six Sigma?", In: Bertels, T. (Ed.). *Six Sigma Leadership Handbook*, AON Management Consulting, Hoboken, NJ, USA, pp. 1-14.
- Qureshi, Z.H. e Ashraf, M.A. (2011). "Bottom-up Integration of Quality in New Product Development Using Systems Engineering", *International Journal of Business and Systems Research*, Vol. 5, No. 5, pp. 511-526.
- Raisinghani, M.S., Ette, H., Pierce, R., Cannon, G. e Daripaly, P. (2005). "Six Sigma: Concepts, Tools, and Applications", *Industrial Management & Data System*, Vol. 105, No.4, pp. 491-505.
- Rajagopal, R. (2004). "Bayesian Methods for Robustness in Process Optimization", Doctoral Thesis, Department of Industrial and Manufacturing Engineering, The Pennsylvania State University, PA, USA.
- Rainey, D. (2005). *Product Innovation: Leading Change through Integrated Product Development*, Cambridge University Press, New York, NY, USA.
- Ramdas, K. (2003). "Managing Product Variety: An Integrative Review and Research Directions", *Production and Operations Management*, Vol. 12, No. 1, pp. 79-101.
- Rancour, T. e McCracken, M. (2000). "Applying Six Sigma Methods for Breakthrough Safety Performance", Vol. 45, No. 10, pp. 29-32.
- Rasmussen, R.J. (2007). "Integrated Management Systems – An Analysis of Best Practice in Danish Companies", *Master of Science Thesis on Environmental Management*, Aalborg University, Aalborg, Denmark.
- Ravichandram, J. (2006). "Six Sigma Milestone: An Overall Sigma Level of an Organization", *Total Quality Management & Business Excellence*, Volume 17, No. 8, pp. 973-980.
- Ray, S. e Das, P. (2009). "Improving Efficiency and Effectiveness of APQP Process by Using DFSS Tools", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 5, No. 3, pp. 222-236.
- Rebelato, M.G. e Oliveira, I.S. (2006). "Um Estudo Comparativo entre a Gestão da Qualidade Total (TQM), o Seis Sigma e a ISO 9000", *Revista Gestão Industrial*, Vol. 2, No. 1, pp. 106-116.
- Recker, R. e Bolstorff, P. (2003). "Maximizing Business Performance Improvement through the Integrated Deployment of SCOR, Lean and Six Sigma", *White Paper*, Advanced Integrated Technologies Group.
- Reeves, C.A. e Bednar, D.A. (1994). "Defining Quality: Alternatives and Implications", *The Academy of Management Review*, Vol. 19, No. 3, Special Issue: "Total Quality", pp. 419-445.
- Requeijo, J. G. (2003). "Técnicas Avançadas do Controlo Estatístico do Processo", *Dissertação de Doutoramento*, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal.
- ReVelle, J.B. (2004). "Six Sigma: Problem-Solving Techniques Create Safer, Healthier Worksites", *Professional Safety*, Vol. 49, No. 10, pp. 38-46.
- ReVelle, J.B., Moran, J.W. e Cox, C.A. (1998), *The QFD Handbook*, John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Reynolds, T.J. e Gutman, J. (1988). "Laddering Theory, Methods, Analysis, and Interpretation", *Journal of Advertising Research*, Vol. 18, No. 1, pp. 11-31
- Rezaiea, K., Ostadib, B., Tadayoun, S. e Aghdasi, M. (2009). "Critical Success Factors (CSFs) for Process Management Projects", *Proceedings of the 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, IE&EM'09, Beijing, China, October 21-23, pp. 100-103.
- Rhodes, D.H. e Ross, A.M. (2010). "Shaping Socio-technical System Innovation Strategies using a Five Aspects Taxonomy", *Proceedings of the 7th INCOSE Region 3 Conference on Systems Engineering and Innovation – EuSEC 2010*, Stockholm, Sweden, May 23-26.
- Ribeiro, J. e Gomes, R. (2009). "IT Governance using COBIT Implemented in a High Public Educational Institution – A Case Study", *White Paper*, Instituto Politécnico de Viana do Castelo.
- Ricondo, I. e Viles, E. (2005). "Six Sigma and its Link to TQM, BPR, Lean and the Learning Organisation", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 1, No. 3, pp. 323-354.
- Ritter, D. e Brassard, M. (1998). *The Creativity Tools Memory Jogger: A Pocket Guide for Creative Thinking*, GOAL/QPC, Salem, NH, USA.

- Rivera, E., Mastro, N., Zizelman, J., Kirwan, J. e Ooyama, R. (2010), "Development of Injector for the Direct Injection Homogeneous Market using Design for Six Sigma," *SAE International*, Technical Paper 2010-01-0594.
- Rivera, L. e Chen, F.F. (2007). "Measuring the Impact of Lean Tools on the Cost-time Investment of a Product Using Cost-time Profiles", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 23, pp. 684-689.
- Robert, M. e Cordeiro, R. (1997). *Estratégia de Inovação de Produtos*, Difusão Cultural, Lisboa, Portugal.
- Rodriguez, A.B. (2008). "A Framework to Align Strategy, Improvement Performance, and Customer Satisfaction Using an Integration of Six Sigma and Balanced Scorecard", *Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy*, Department of Industrial Engineering and Management Systems, College of Engineering and Computer Science, University of Central Florida, Orlando, FL, USA.
- Ross, A.M., Rhodes, D.H. e Hastings, D.E. (2008). "Defining Changeability: Reconciling Flexibility, Adaptability, Scalability, Modifiability, and Robustness for Maintaining System Lifecycle Value", *Systems Engineering*, Vol. 11, No. 3, pp. 246-262.
- Ruan, T e Shaffer, G. (2006). "Design for Six Sigma for a Lancing Device", *Proceedings of the 2006 DFMA Forum*, Providence-Warwick, R.I., USA, June 20-21.
- Ryan, K. (2005). "Mastering Six Sigma: by Embracing this Strategic Business Improvement Model, Utilities can Reap Great Benefits", *American Gas*, pp. 13-18.
- Sá, P.M. e Saraiva. (2006). "Desdobramento da Função Qualidade", *In: Paiva, A.L. e Capelas, L. (Eds.). Manual Prático para a Certificação e Gestão da Qualidade com Base nas Normas ISO 9000:2000*, Verlag Dashöfer, Lisboa, Portugal, Capítulo 13.12.5.3.
- Sakao, T. e Shimomura, Y. (2007). "Service Engineering: A Novel Engineering Discipline for Producers to Increase Value Combining Service and Product", Vol. 15, No. 6, pp. 590-604.
- Salah, S., Carretero, J.A. e Rahim, A. (2010). "The Integration of Quality Management and Continuous Improvement Methodologies with Management Systems", *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 6, No. 3, pp. 269-288.
- Saleh, J.H., Hastings, D.E. e Newman, D.J. (2001). "Extracting the Essence of Flexibility in System Design", *MIT Working Paper Series*, Engineering Systems Division, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
- Saleh, M.S., Alrabiah, A. e Bakry, S.H. (2006). "Using ISO 17799:2005 Information Security Management: a STOPE View with Six Sigma Approach", *International Journal of Network Management*, Vol. 17, No. 1, pp. 85-97.
- Sampaio, P. (2008). "Estudo do Fenómeno ISO 9001: Origens, Motivações, Consequências e Perspectivas", *Tese de Doutoramento*, Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Minho.
- Sampaio, P. e Saraiva, P.M. (2010). "Integração ou Adição de Sistemas?", *Qualidade*, Edição 1, pp. 36-40.
- Sampaio, P., Saraiva, P.M. e Rodrigues, A.G. (2009). "ISO 9001 Certification Research: Questions, Answers and Approaches", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 26, No. 1, pp. 38-58.
- Samuel, A. (2006). *Make and Test Projects in Engineering Design*, Springer-Verlag, London, UK.
- Sandén, B. (2007). "The Customer's Role in New Service Development", *MSc Dissertation*, Faculty of Economic Sciences, Communication and IT Business Administration, K Sciences, Communication and IT Business Administration, Karlstad University, Karlstad, Sweden.
- Santos, F. (2003). "Sistemas de Gestão Ambiental: Normas e Certificação", *Tecnologias do Ambiente*, N.º 55, Setembro, pp. 25-26.
- Saraiva, P.M. (2011), *Empreendedorismo*, Imprensa Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal.
- Saraiva, P.M. (2004). "Fundamentos e Evolução da Qualidade", *Texto de apoio no âmbito do MBA em Gestão e Engenharia da Qualidade*, ISG-APQ, Lisboa, Portugal.
- Saraiva, P.M. (2001). "Pontos Críticos do Processo de certificação ISO 9000", *In: Alegre, A.P., Mateus, C., Freire, E. e Galvão, M. (Eds.). Relatos de Experiências de Certificação da Qualidade*, NPF Publicações, Sintra, Portugal, pp. 9-24.

- Saraiva, P.M., D' Orey, J.L., Sampaio, P., Reis, M., Cardoso, C., Pinheiro, J. e Tomé, L. (2010). *O Futuro da Qualidade em Portugal*, Associação Portuguesa para a Qualidade, Lisboa, Portugal.
- Saraiva, P.M., D'Orey, J.L., Figueira, J. e Almeida, P.C. (2000). *Testemunhos da Qualidade em Portugal*, Instituto Português da Qualidade, Caparica, Portugal.
- Saraiva, P.M. e D'Orey, J.L. (1999). *Inovação e Qualidade*, Sociedade Portuguesa de Inovação, Porto, Portugal.
- Savransky, S.D. (2000). *Engineering of Creativity - Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*, CRC Press, Boca Raton, NY, USA.
- Schlickman, J. (2003). *ISO 9001:2000 Quality Management System Design*, Artech House, Norwood, MA, USA.
- Schlieper, A.D. (2007). "Aplicação da Metodologia Six Sigma na Área de TI em Empresas de Serviços", *Monografia do curso de pós-graduação*, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.
- Schmidt, J.B. e Calantone, R. (1998), "Are Really New Product Development Projects harder to Shut Down?", *The Journal of Product Innovation Management*, Vol. 15, No. 2, pp. 111-123.
- Schroeder, R.G., Linderman, K., Liedtke, C. e Choo, A.S. (2008). "Six Sigma: Definition and Underlying Theory", *Journal of Operations Management*, Vol. 26, No. 4, pp. 536-554.
- Schulz, A. P., Fricke, E. e Igenbergs, E. (2000). "Enabling Changes in Systems throughout the Entire Life-Cycle: Key to Success?", *Proceedings of the 10th International Symposium of the International Council on Systems Engineering – INCOSE 2000*, Minneapolis, MN, USA, July 16-20.
- Schutta, J.T. (2006). *Business Performance through Lean Six Sigma*, ASQ Quality Press, Milwaukee, WI, USA.
- Sellgren, U. e Andersson, S. (2005). "The Concept of Functional Surfaces as Carriers of Interactive Properties", *Proceedings of the 15th International Conference on Engineering Design – ICED'05*, Melbourne, Australia, August 15-18.
- Senapati, N.R. (2004). "Six Sigma: Myths and Realities", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 21, No.6, pp. 683-690.
- SGS Portugal (2008). *Interpretação da OHSAS 18001 – Sem Acidentes*, SGS ICS Portugal – Serviços Internacionais de Certificação, Lda., Lisboa, Portugal.
- Shahabuddin, S. (2008). "Six Sigma: Issues and Problems", *International Journal of Productivity and Quality Management*, Vol. 3, No. 2, pp. 145-160.
- Shahin, A. (2010). "Integration of EFQM and Ultimate Six Sigma: A Proposed Model", *International Business Research*, Vol. 4, No. 1, pp. 176-186.
- Shahin, A. (2008). "Design for Six Sigma (DFSS): Lessons Learned from World-Class Companies", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 4, No. 1, pp.48-59.
- Shahin, A. e Chan, J.F.L. (2006). 'Customer Requirements Segmentation (CRS): A Prerequisite Technique for Quality Function Deployment (QFD)', *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 17, No. 5, pp. 567-587.
- Shane, S. (2003). *A General Theory of Entrepreneurship: The Individual-Opportunity Nexus*, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK.
- Sharma, J.R., Rawani, A.M., Barahate, M. (2008), "Quality Function Deployment: A Comprehensive Literature Review", *International Journal of Data Analysis Techniques and Strategies*, Vol. 1, No. 1, pp. 78-103.
- Shenvi, A.A. (2010). "Design for Six Sigma (DfSS) in Software", *In: Coskun, A. (Ed.). Quality Management and Six Sigma*, Sciyo, Rijeka, Croatia, Chapter 7.
- Shenvi, A.A. (2008). "Design for Six Sigma: Software Product Quality", *Proceedings of the 1st India Software Engineering Conference – ISEC'08*, Bangalore, India, February 19-22, pp. 97-106.
- Sheridan, J.H. (2000). "Lean Sigma Synergy", *Industry Week*, Vol. 249, No. 17, pp. 81.82.
- Shiba, S. (2001). *Concepção à Escuta do Mercado: Organizar a Escuta dos Clientes para obter Vantagem Concorrencial*, Edições Sílabo, Lisboa, Portugal.

- Shin, G. e Park, G. (2006). "Decoupling Process of a Coupled Design Using the TRIZ Module", *Proceedings of the 4th International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2006*, Florence, Italy, June 13-16.
- Shin, G., Yi, S., Park, G., Yi, J. e Kwon, Y. (2004). "Calculation of Information Content in Axiomatic Design", *Proceedings of the 3rd International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2004*, Seoul, South Korea, June 21-24.
- Shina, S.G. (2002). *Six Sigma for Electronics Design and Manufacturing*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Shirwaiker, R.A. e Okudan, G.E. (2008). "TRIZ and Axiomatic Design: A Review of Case-Studies and a Proposed Synergistic Use", *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 19, No. 1, pp. 33-47.
- Shunk, D.L. (2005). "The ICRA Detailed Plans, Timelines and Methodology", *Arizona State University*, Phoenix, AZ, USA.
- Silva, R. e Neves, A. (2003). *Gestão de Empresas: na Era do Conhecimento*, Edições Sílabo, Lisboa, Portugal.
- Silver, E.A., Pyke, D.F. e Peterson, R. (1998). *Inventory Management and Production Planning*, John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Silvestro, R. (1999). "Positioning Services Along the Volume-Variety Diagonal – The Contingencies of Service Design, Control and Improvement", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 19, No. 4, pp. 399-420.
- Silvestro, R., Fitzgerald, L. e Johnston, R. (1992). "Towards a Classification of Service Processes", *International Journal of Service Industry Management*, Vol. 3, No. 3, pp. 62-75.
- Simpson, T.W. (1998). "A Concept Exploration Method for Product Family Design", *Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering Thesis*, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA.
- Sirvanci, M.B. e Durmaz, M. (1994). "Cycle Time and Cost Improvement by Designed Experiments", *International Journal of Quality & Reliability Management*, Vol. 11, No. 6, pp. 21-26.
- Sivard, G. (2000). "A Generic Information Platform for Product Families", *Doctoral Thesis*, Department of Production Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
- Sivi, J., Penn, M.L. e Harper, E. (2005). *Relationships between CMMI and Six Sigma*, Technical Note CMU/SEI-2005-TN-005, Carnegie Mellon University, Software Engineering Institute, USA.
- Sleeper, A. (2007). *Six Sigma Distribution Modeling*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Sleeper, A. (2006). *Design for Six Sigma Statistics: 59 Tools for Diagnosing and Solving Problems in DFSS Initiatives*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Smith, D., Blakeslee, J. e Koonce, R. (2002). *Strategic Six Sigma from the Executive Suite*, John Wiley & Sons, New York, NY, USA.
- Smith, L. (2001). "Six Sigma and the Evolution of Quality in Product Development", *Six Sigma Forum Magazine*, Vol. 1, No. 11, pp. 28-35.
- Snee, R.D. (2010). "Lean Six Sigma – Getting Better all the Time", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1, No. 1, pp. 9-29.
- Snee, R.D. e Hoerl, R.W. (2005). *Six Sigma Beyond the Factory Floor: Deployment Strategies for Financial Services, Healthcare, and the Rest of the Real Economy*, Financial Times Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- Snee, R.D. e Hoerl, R.W. (2003). *Leading Six Sigma: A Step-by-Step Guide Based on Experience with GE and Other Six Sigma Companies*, Financial Times Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- Snee, R.D. e Rodebaugh Jr., W.F. (2002). "The Project Selection Process", *Quality Progress*, Vol. 35, No. 9, pp. 78-80.
- Soderborg, N.R. (2004). "Design for Six Sigma at Ford", *Six Sigma Forum Magazine*, Vol. 4, No. 11, pp. 15- 22.
- Soderborg, N.R. (2002). "Representing Systems through Object-Process Methodology and Axiomatic Design", *Master of Science in Engineering and Management Thesis*, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.

- Sokovic, M., Pavletic, D. e Pipan, K.K. (2010). "Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS", *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol. 43, No. 1, pp. 476-483.
- Sokovic, M., Pavletic, D. (2008). "The Lean and Six Sigma Synergy", *International Journal for Quality Research*, Vol. 2, No. 4, pp. 247-249.
- Sokovic, M., Pavletic, D. e Fakin, S. (2005). "Application of Six Sigma Methodology for Process Design", *Journal of Materials Processing Technology*, 162-163, pp. 777-783.
- Sorli, M. e Stokic, D. (2009). *Innovating in Product/Process Development – Gaining Pace in New Product Development*, Springer-Verlag, London, UK.
- Sperling, R.B. (2002). "Understanding Value Engineering", *Value World*, Vol. 25, No. 2, pp. 19-21.
- Stäblein, T., Holweg, M. e Miemczyk, J. (2011). "Theoretical Versus Actual Product Variety: How Much Customisation do Customers Really Demand?", *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 31, No. 3, pp. 350-370.
- Stahl, R., Schulz, B. e Pexton, C. (2003). "Healthcare's Horizon", *Six Sigma Forum Magazine*, Vol. 3, No. 2, pp. 17-26.
- Stamatis, D.H. (2003). *Six Sigma for Financial Professionals*, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA.
- Stamatis, D.H. (2002a). "Guidelines for Six Sigma Design Reviews – Part One", *Quality Digest*, April, pp. 27-33.
- Stamatis, D.H. (2002b). "Guidelines for Six Sigma Design Reviews – Part Two", *Quality Digest*, May, pp. 48-54.
- Stanard, C.L. e Osborn, B.E. (2002). "Six Sigma Quality Beyond the Normal", *GE Global Research*, No. 2002GRC119, May.
- Starbird, D. (2002). "Business Excellence: Six Sigma as a Management System", *Proceedings of the ASQ's 56th Annual Quality Congress*, Denver, CO, USA, May 20-22, pp. 47-55.
- Stefano, N., Neto, A.C. e Godoy, L.P. (2008). "Seis Sigma, ISO 14000 e Quality Function Deployment (QFD): Ferramentas, Gerenciais nas Organizações para Melhoria da Qualidade e Produtividade", *XXVIII Encontro Nacional de Engenharia da Produção*, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13-16 Outubro.
- Stevenson, J.R. e Kashef, A.E. (2008). "Newer, Better, Faster – How Six Sigma Boosts Innovation and Reinvention", *Quality Progress*, Vol. 41, No. 9, pp. 34-39.
- Stevenson, W.J. (2008). *Production Operations Management*, 10th Edition, McGraw-Hill-Irwin, New York, NY, USA.
- Stone, R.B., Kurtadikar, R., Villanueva, N. e Arnold, C.B. (2008). "A Customer Needs Motivated Conceptual Design Methodology for Product Portfolio Planning", *Journal of Engineering Design*, Vol. 19, No. 6, pp. 489-514.
- Su, C. e Chou, C. (2008). "A Systematic Methodology for the Creation of Six Sigma Projects: A Case Study of Semiconductor Foundry", *Expert Systems with Applications*, Vol. 34, pp. 2693-2703.
- Su, C., Chiang, T. e Chang, C. (2006). "Improving Service Quality by Capitalising on an Integrated Lean Six Sigma Methodology", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-22.
- Suárez, G. (1992). *Three Experts on Quality Management: Philip B. Crosby, W. Edwards Deming, Joseph M. Juran*, Department of the TQL Office, Arlington, VA, USA.
- Suh, N.P. (2009). "Designing and Engineering through Collaboration and Negotiation", *International Journal of Collaborative Engineering*, Vol. 1, Nos. 1/2, pp. 19-37.
- Suh, N.P. (2005). *Complexity: Theory and Applications*, Oxford University Press, New York, NY, USA.
- Suh, N.P. (2001). *Axiomatic Design: Advances and Applications*, Oxford University Press, New York, NY, USA.
- Suh, N.P. (1998). "Axiomatic Design Theory for Systems", *Research in Engineering Design*, Vol. 10, pp. 189-209.

- Suh, N.P. (1995). "Designing-in of Quality Through Axiomatic Design", *IEEE Transactions on Reliability*, Vol. 44, No. 2, pp. 256-264.
- Suh, N.P. (1990). *The Principles of Design*, Oxford University Press, New York, NY, USA.
- Sydenham, P.H. (2004). *Systems Approach to Engineering Design*, Artech House, Norwood, MA, USA.
- Tadikamalla, P.R. (1994). "The Confusion Over Six Sigma Quality", *Quality Progress*, Vol. 27, No. 11, pp. 83-85.
- Taghizadegan, S. (2006). *Essentials of Lean Six Sigma*, Butterworth-Heinemann, Burlington, MA, USA.
- Tang, D., Zhang, G. e Dai, S. (2009a). "Design as Integration of Axiomatic Design and Design Structure Matrix", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, Vol. 25, No. 3, pp. 610-619.
- Tang, D., Zhu, R., Dai, S. e Zhang, G. (2009b). "Enhancing Axiomatic Design with Design Structure Matrix", *Concurrent Engineering*, Vol. 17, No. 2, pp. 129-137.
- Tang, L.C., Goh, T.N., Lam, S.W. e Zhang, C.W. (2007). "Fortification of Six Sigma: Expanding the DMAIC Toolset", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 23, pp. 3-18.
- Tang, L.C., Goh, T.N., Yam, H.S. e Yoap, T. (2006). *Six Sigma: Advanced Tools for Black Belts and Master Black Belts*, John Wiley & Sons, Chichester, England, UK.
- Tate, D. (1999). "A Roadmap for Decomposition, Activities, Theories, and Tools for System Design", *Doctoral Thesis*, Department of Mechanical Engineering, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, USA.
- Tate, D., Chandler, J., Fontenot, A.D. e Talkmitt, S. (2010). "Matching Pedagogical Intent with Engineering Design Process Models for Precollege Education", *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, Vol. 24, Special Issue 3, pp. 379-395.
- Tate D. e Lu, Y (2004). "Strategies for Axiomatic Design Education", *Proceedings of the 3rd International Conference on Axiomatic Design – ICAD 2004*, Seoul, South Korea, June 21-24.
- Teixeira, A. (2005). *Caixilharia de Alumínio, IEFP-ISQ*, Lisboa, Portugal.
- Tennant, G. (2002a). *Design for Six Sigma: Launching New Products and Services without Failure*, Gower Pub Co., Burlington, VT, USA.
- Tennant, G. (2002b) Design for Six Sigma: Launching New Products and Services Without Failure, *The TQM Magazine*, Vol. 14, No. 4, pp. 264-265.
- Terninko, J., Zusman, A. e Zlotin, B. (1998). *Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving)*, CRC Press LLC, Boca Raton, FL, USA.
- Thawani, S. (2004). "Six Sigma: Strategy for Organizational Excellence", *Total Quality Management*, Vol. 15, No. 5-6, pp. 655-664.
- Thomas, M. e Singh, N. (2006). "Design for Lean Six Sigma (DFLSS): Philosophy, Tools, Potential and Deployment Challenges in Automotive Product Development", *SAE International*, Technical Paper 2006-01-0503.
- Tice, J., Ahouse, J. e Larson, T. (2005). "Lean Production and EMSs: Aligning Environmental Management with Business Priorities", *Environmental Quality Management*, Winter, pp. 1-12.
- Tidd, J., Bessant, J. e Pavitt, K. (2003). *Gestão da Inovação: Integração das Mudanças Tecnológicas, de Mercado e Organizacionais*, Monitor, Lisboa, Portugal.
- Tieming, R. e Shaffer, G. (2006). "Design for Six Sigma for a Lancing Device", *2006 International Forum on DFMA*, Providence, RI, USA, June 20-21.
- Tjahjono, B., Ball, P., Vitanov, V.I., Scorzafave, C., Nogueira, J., Calleja, J., Minguet, M., Narasimha, L., Rivas, A., Srivastava, A., Srivastava, S., e Yadav, A. (2010). "Six Sigma: a Literature Review", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1, No. 3, pp. 216-233.
- Tkáč, M e Lyócsa, S. (2009). "On the Evaluation of Six Sigma Projects", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 26, No. 1, pp. 115-124.
- Tomiyama, T. e Yoshikawa, H. (1987). "Extended General Design Theory", *Centre for Mathematics and Computer Science*, Report CS-R8604, Amsterdam, Holland.

- Tomiyama, T., Gu, P., Jin, Y., Lutters, D., Kind, C. e Kimura, F. (2009). "Design Methodologies: Industrial and Educational Applications", *Manufacturing Technology*, Vol. 58, No. 2, pp. 543-565.
- Toutenburg, H. (2002). *Statistical Analysis of Designed Experiments*, Second Edition, Springer-Verlag, New York, NY, USA.
- Treichler, D., Carmichael, R., Kusmanoff, A., Lewis, J. e Berthiex, G. (2002). "Design for Six Sigma: 15 Lessons Learned", *Quality Progress*, Vol. 35, No. 1, pp. 33-42.
- Truscott, W. (2003). *Six Sigma: Continual Improvement for Processes – A Practical Guide*, Butterworth-Heinemann, Burlington, MA, USA.
- Tseng, M.M. e Schreyer, M. (2002). "Model-based Design of PLC Programs", *CIRP Journal of Manufacturing Systems*, Vol. 31, No. 2, pp. 1-6.
- Tukel, O.I., Rom, W.O. e Kremic, T. (2008). "Knowledge Transfer among Projects using a Learn-Forget Model", *The Learning Organization*, Vol. 15, No. 2, pp. 179-194.
- Ullman, D.G. (2002). *The Mechanical Design Process*, 3rd Edition, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Ulrich, K.T. e Eppinger, S.D. (2004). *Product Design and Development*, 3rd Edition, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Urdhwareshe, H. (2011). *Six Sigma for Business Excellence: Approach, Tools and Applications*, Dorling Kindersley, New Dehli, India.
- U.S. Department of Defense (2001). *Systems Engineering Fundamentals*, Systems Management College, Defense Acquisition University Press, Fort Belvoir, VI, USA.
- Vais, A., Miron, V., Pederson, M. e Folke, J. (2006). "Lean and Green" at a Romanian Secondary Tissue Paper and Board Mill – Putting Theory into Practice", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 46, pp. 44-74.
- Valle, S. e Vázquez-Bustelo, D. (2009). "Concurrent Engineering Performance: Incremental versus Radical Innovation", *International Journal of Production Economics*, Vol. 119, No. 1, pp.136-148.
- Vallejo, C.R. e Galante, J.T. (2004). "Relación de Seis Sigma con la Norma ISO 9001:2000 y con el Modelo EFQM", *Calidad*, Junio, pp. 24-29.
- Van den Heuvel, Does, R.J. e Verver, J.P. (2005). "Six Sigma in Healthcare: Lessons Learned from a Hospital", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 1, No. 4, pp. 380-388.
- Vandervort, C.L. e Kudlacik, E.L. (2001). "GE Generator Update", *GE Power Systems*, GER-4203, 04/01, pp. 1-14.
- Vasilash, G.S. (2003). "High-Performance Computing, Boeing & Design for Six Sigma", *Automotive Design & Production*, Vol. 115, No. 8, pp. 27.
- Viegas, J.C. (2003). "Caxilharia Exterior", *LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil*, Lisboa, Portugal.
- Vincent, L.H., Bharadwajm, S.G. e Challagalla, G.N. (2004). "Does Innovation Mediate Firm Performance? A Meta-Analysis of Determinants and Consequences of Organizational Innovation", *Working Paper*, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA, USA.
- Von Hippel, E. (1988). *The Sources of Innovation*, Oxford University Press, New York, NY, USA.
- W. R. Grace & Company (2003). "Plant Uses Six Sigma Methodology and Traditional Heat Balance Analysis to Identify Energy Conservation Opportunities at Curtis Bay Works", *White Paper*, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy of the U.S. Department of Energy.
- Wang, J.X. (2005). *Engineering Robust Designs with Six Sigma: Integrating Robust Engineering with Six Sigma Tools*, Prentice Hall, New Jersey, NJ, USA.
- Wang, M. e Ma, Y. (2007), "A Systematic Method for Mapping Customer Requirements to Quality Characteristics in Product Lifecycle", *International Journal of Simulation and Process Modelling*, Vol. 3. No. 4, pp. 229-237.
- Warnack, M. (2003). "Continual Improvement Programs and ISO 9001:2000", *Quality Progress*, Vol. 36, No. 3, pp. 42-49.
- Watson, G.H. (2005). *Design for Six Sigma*, GOAL/QPC Publishing, Salem, NH, USA.
- Watson, G.H. (2004). *Six Sigma for Business Leaders*, GOAL/QPC Publishing, Salem, NH, USA.

- Watson, G.H. (2002a). "Breakthrough in Delivering Software Quality: Capability Maturity Model and Six Sigma", *Proceedings of the European Conference on Software Quality – ICSQ 2002*, Helsinki, Finland, June 9-13.
- Watson, G.H. (2002b). "Peter F. Drucker: Delivering Value to the Customers" *Quality Progress*, Vol. 35, No. 5, pp. 55-61.
- Watson, G.H. e DeYong, C.F. (2010). "Design for Six Sigma: Caveat Emptor", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1, No. 1, pp. 66-84.
- Wessel, G. e Burcher, P. (2004). "Six Sigma for Small and Medium-Sized Enterprises", *The TQM Magazine*, Vol. 16, No. 4, pp. 264-272.
- Wheatcroft, P. (2007). *World Class IT Service Delivery*, The British Computer Society, Chippenham, Wiltshire, England, UK.
- Wiggs, G. (2004). "A Few Optimization Realities Pronounced Opportunities", *Proceedings of the 2004 AIAA Modelling & Simulation Technologies Conference*, Providence, RI, USA, August 16-19.
- Williamsen, M.M. (2005), "Six Sigma Safety: Applying Quality Management Principles to Foster a Zero-Injury Safety Culture", *Professional Safety*, Vol. 50, No. 6, pp. 41-49.
- Wilson, G. (2005). *Six Sigma and the Product Development Cycle*, Elsevier, Burlington, MA, USA.
- Winter, G. (1992). *Gestão e Ambiente – Modelo Prático de Integração Empresarial*, Texto Editora, Lisboa, Portugal.
- Wittel, L., Löfgren, M., "Classification of Quality Attributes", *Managing Product Quality*, Vol. 17, No. 1, pp. 54-73, 2007.
- Wixson, J.R. (1999). "Function Analysis and Decomposition Using Function Analysis Systems Technique", *Proceedings of the 9th International Symposium of the International Council on Systems Engineering – INCOSE'99*, Brighton, UK, June 6-10.
- Wong, W.C., Mansour-Nahra, P., Ogle, I. e Sorby-Adams, N. (1999), "Quality Assurance: The Concept and its Evolution", *Proceedings of the 19th ASEAN Seminar on Postharvest Technology*, Ho Chi Minh City, Vietnam, November 9-12.
- Wren, D. (2009), "Joseph N. Scanlon: The Man and the Plan", *Journal of Management History*, Vol. 15, No. 1, pp. 20-37.
- Xiao, R. e Chen, T. (2010). "Research on Design Structure Matrix and its Applications in Product Development and Innovation: An Overview", *International Journal of Computer Applications in Technology*, Vol. 37, Nos. 3/4, pp. 218-229.
- Yang, C. e Yeh, T. (2007). "An Integrated Model of Hoshin Management and Six Sigma in High-Tech Firms", *Total Quality Management*, Vol. 18, No. 6, pp. 653-665.
- Yang, K. (2008). *Voice of the Customer: Capture and Analysis*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Yang, K. (2005a). *Design for Six Sigma for Service*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Yang, K. (2005b). "Design for Six Sigma and Value Creation", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 1, No. 4, pp. 355-368.
- Yang, K. (2004). "Multivariate Statistical Methods and Six Sigma", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 1, No. 1, pp. 76-96.
- Yang, K. e Cai, X. (2009). "The Integration of DFSS, Lean Product Development and Lean Knowledge Management", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 5, No. 1, pp. 75-99.
- Yang, K. e Cececek, E. (2004). "Design Vulnerability Analysis and Design Improvement by Using Warranty Data", *Quality and Reliability Engineering International*, Vol. 20, No. 2, pp. 121-133.
- Yang, K. e El-Haik, B. S. (2003). *Design for Six Sigma: A Roadmap for Product Development*, McGraw-Hill, New York, NY, USA.
- Yang, T. e Hsieh, C. (2009), "Six Sigma Project Selection Using National Quality Award Criteria and Delphi Fuzzy Multiple Criteria Decision-Making Method", *Expert Systems and Applications*, Vol. 36, pp. 7594-7603.

- Yang, T.G., Beiter, K. A. e Ishii, K. (2005). "Product Platform Development: Considering Product Maturity and Morphology", *Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition – IMECE2005*, Orlando, FL, USA, November, 5-11.
- Yang, T.G., Beiter, K. A. e Ishii, K. (2004). "Product Platform Development: An Approach for Products in the Conceptual Stage of Design", *Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Congress and RD&D Expo – IMECE2004*, Anaheim, CA, USA, November 13-19.
- Yassine, A. (2004). "An Introduction to Modeling and Analyzing Complex Product Development Processes Using the Design Structure Matrix (DSM) Method", *Quaderni di Management (Italian Management Review)*, No. 9, pp. 72-88.
- Yeung, S.M. (2007) "Integrating ISO 9001:2000 and Six Sigma into Organizational Culture", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 3, No.3 pp. 210-227.
- Yu, H., Shu, L.H. e Venter, R. (1998). "An Enhanced Axiomatic Design Process", *Proceedings of the 1998 ASME Design Engineering Technical Conferences – DETC'98*, Atlanta, GA, USA, September 13-16.
- Zeng, S.X., Shi, J.J. e Lou, G.X. (2007), "A Synergetic Model for Implementing an Integrated Management System: an Empirical Study in China", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 15, pp. 1760-1767.
- Zeng, S.X., Lou, G.X. e Tam, V.W.I. (2006), "Integration of Management Systems: The Views of Contractors", *Architectural Science Review*, Vol. 49, No. 3, pp. 229-235.
- Zhang, M. Tseng, M. M. (2007). "A Product and Process Modeling Based Approach to Study Cost Implications of Product Variety in Mass Customization", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 54, No. 1, pp. 130-144.
- Zhou, K.Z., Yim, C.K. e Tse, D.K. (2004). "The Effects of Strategic Orientations on Technology- and Market-Based Breakthrough Innovations", *The Journal of Marketing*, Vol. 69, No. 2, pp. 42-60.



Pedro Alexandre de Albuquerque Marques

Licenciado em Engenharia de Produção Industrial

**Seis Sigma: Sistema de Gestão e
Metodologia de Inovação numa
Abordagem Estruturada e Integradora**

2 Volumes (Vol. II)

Dissertação para obtenção do Grau de Doutor em
Engenharia Industrial

Orientador: Prof. Doutor José Gomes Requeijo,
Professor Auxiliar, FCT-UNL

Co-orientador: Prof. Doutor Pedro Manuel Saraiva,
Professor Catedrático, FCT-UC

Júri:

Presidente: Prof. Doutor António Manuel Flores Romão de Azevedo Gonçalves Coelho
Arguente(s): Prof. Doutor Rui Manuel Soucasaux Meneses e Sousa
Prof. Doutor António Manuel Ramos Pires

Vogais: Prof. Doutor Pedro Manuel Tavares Lopes de Andrade Saraiva
Prof. Doutor Virgílio António Cruz Machado
Prof. Doutor Luís António Nunes Loureço
Prof. Doutor José Fernando Gomes Requeijo
Prof. Doutora Irene Sofia Carvalho Ferreira

APÊNDICES

Apêndice I

**Evolução histórica e enquadramento das
temáticas da “Qualidade” e do “Seis Sigma” e
relação entre ambas**

Apêndice I. Evolução histórica e enquadramento das temáticas da “Qualidade” e do “Seis Sigma” e relação entre ambas

I.1. Evolução histórica da Qualidade

Antes de 1900

Embora se tenha imposto como disciplina empresarial e área do conhecimento durante o século XX, o conceito de “qualidade” é, na verdade, mais antigo. Ao longo da história, são inúmeros os exemplos que revelam a aplicação de um conjunto de práticas e princípios que constituem, hoje em dia, a base de muitas das disciplinas da gestão e engenharia da qualidade.

Metrologia, especificações ou inspecção, por exemplo, são conceitos muito antigos e anteriores à era Cristã (Gryna, 2001). O Homem primitivo já concebia e construía utensílios rudimentares, em pedra e madeira, para o auxiliar nas actividades quotidianas e de caça, o que permitiu alargar o leque de comida disponível. Durante a civilização dos antigos Egípcios, eram utilizados avançados planos de qualidade e de inspecção na construção das pirâmides (Saraiva e D’Orey, 1999). Existem evidências arqueológicas de que as estradas construídas por todo o império Romano assumiam direcções perfeitamente lineares, com uma precisão considerada impressionante (Juran, 1995).

O povo Inca, para fazer face à elevada altitude e ao montanhoso relevo do seu território, bem como à escassez de solo arável, construiu um complexo sistema de socalcos que funcionavam como verdadeiros “laboratórios” agrónomos, onde eram experimentados vários níveis de factores ambientais (diferentes altitudes, níveis de temperatura e humidade, tipos de solo, exposições à luz/sombra, exposições ao vento) com vista a otimizar as propriedades nutritivas e as características (cor, dimensões) dos bens cultivados, como o milho ou a batata.

Na época dos descobrimentos marítimos, os Portugueses desenvolveram instrumentos de navegação, de que são exemplos o astrolábio, o quadrante, o anel náutico e a balestilha, que lhes permitiram ter um sistema de medição capaz de navegar com maior exactidão pela imensidão dos oceanos.

Antes do período da revolução industrial, que teve origem em Inglaterra, as oficinas artesanais e a indústria de fabrico manual funcionavam com um enfoque no mercado, fabricando produtos à medida dos desejos dos seus clientes. Os artesãos-mestres, mais habilidosos e experientes, controlavam o seu próprio trabalho e garantiam a qualidade do que produziam, acompanhando também os aprendizes e verificando o resultado do seu trabalho (Wong *et al.*, 1999).

A máquina a vapor, criada por James Watt em 1769, foi a propulsora da revolução industrial pois, ao possibilitar a geração artificial de grande quantidade de energia, a produção industrial atingiu níveis até então inimagináveis. O sistema de fábrica, que então emergiu, predominou na Europa e Estados Unidos entre o final do século XVIII e a primeira metade do século XIX. Nesse período, os métodos de trabalho e de gestão assentavam na visão de Adam Smith sobre a economia da produção, na qual a padronização de peças e a divisão especializada do trabalho eram conceitos basilares. O objectivo era aumentar a produtividade, fazendo rapidamente e bem grandes quantidades. O fluxo do trabalho era formalmente dividido em tarefas discretas, executadas por habilidosos e especializados artesãos. Práticas de supervisão e/ou auditorias eram, por vezes, também usadas (Juran, 1995).

No final do século XIX, pela mão do engenheiro norte-americano Frederick Taylor, o paradigma da gestão dos processos produtivos alterou-se significativamente. A sua visão assentava no aumento da produtividade através da separação das actividades de planeamento das de execução do trabalho (Juran, 1992). Com base na sua experiência, Taylor concluiu que havia, em geral, um défice de conhecimento dos supervisores e operadores para efectuarem actividades de planeamento (Gryna, 2001). Assim, sugeriu que o planeamento produtivo fosse realizado por gestores e engenheiros, cabendo aos supervisores e operadores executar o que fora planeado.

Talvez o grande ensinamento que Taylor forneceu tenha sido o de que é possível organizar e gerir os processos produtivos através de um método científico. Contudo, ao quebrar o equilíbrio anteriormente existente entre a produtividade e a qualidade, o *taylorismo* conduziu a uma deterioração da qualidade dos artigos produzidos (ASQ Quality 101, 2001). Tal sucedeu em virtude de os supervisores e operadores serem incentivados por metas de produtividade em detrimento das de qualidade e, por outro lado, pelo facto de lhes ter sido retirada a autonomia e capacidade de decisão (Juran, 1995).

Entre 1900 e 1920

A solução encontrada, particularmente no início do século XX, para corrigir o declínio patente na qualidade dos produtos, passou pela promoção da inspecção ao produto acabado, de modo a evitar que produtos defeituosos chegassem às mãos dos clientes (Saraiva, 2004). A tónica na inspecção do produto, além de não promover práticas de melhoria contínua e de não focar as atenções nas causas dos defeitos criados ao longo do processo, gerava enormes ineficiências. Foi, contudo, por volta deste período, que a qualidade se começou a assumir como disciplina autónoma no meio industrial (Saraiva *et al.*, 2000).

Antes do século XX não havia sido ainda criado nenhum organismo nacional oficial de normalização (Juran, 1995). Os organismos de normalização, até então existentes, eram, no fundo, associações profissionais que, face a necessidades de regulação e uniformização de práticas nos seus sectores de actividade, estabeleceram procedimentos de ensaios e critérios de aceitação/rejeição concretos, de modo a assegurar a qualidade de produtos e/ou das infraestruturas em causa. Desses, são de realçar a *International Telegraph Union* (ITU), criada em 1865 e hoje denominada *International Telecommunication Union*, e a *American Society for Testing and Materials* (ASTM), fundada em 1898.

O primeiro organismo de normalização oficialmente fundado por iniciativa de um estado foi o *Engineering Standards Committee*, no Reino Unido, em 1901. Desde 1931, este organismo denomina-se *British Standards Institution* (BSI). Seguiram-se a Alemanha em 1917 (DIN – *Deutsches Institut für Normung*), os Estados Unidos em 1918 (ANSI – *American National Standards Institution*), o Canadá em 1919 (CSA – *Canadian Standards Association*), a Itália em 1921 (UNI – *Ente Italiana di Unificazione*) e a França em 1926 (AFNOR – *Association Française de Normalisation*).

Entretanto, em 1906, é fundada a *International Electrotechnical Commission* (IEC), que juntou engenheiros electrotécnicos em representação de associações profissionais de normalização técnica provenientes de 15 países. Foi criada com o objectivo de uniformizar práticas, terminologias, simbologias e unidades de medida na área da engenharia electrotécnica. A IEC é, presentemente, um dos organismos internacionais de normalização mais importantes, composto por organismos nacionais na área, em representação de mais de 130 países.

Entre 1920 e 1945

A década de 1920 marcou uma transformação muito importante, no domínio da qualidade, com o desenvolvimento das primeiras metodologias de Controlo Estatístico da Qualidade (SQC – *Statistical Quality Control*) no seio da *Bell Telephone Laboratories* da *Western Electric Company*, uma subsidiária da empresa de telecomunicações AT&T. O grande avanço proporcionado pelo SQC foi o de permitir, através da aplicação de teorias e técnicas estatísticas, a realização de actividades de controlo de qualidade, não apenas ao produto, mas também aos processos que os geravam.

Os *Bell Telephone Laboratories* funcionaram como uma verdadeira “incubadora” de vários dos conceitos-chave da moderna gestão e engenharia da qualidade. Por lá passaram reconhecidos gurus nesta área, como Joseph M. Juran, Walter A. Shewhart e Harold F. Dodge. Pela *Western Electric* passou outro dos mais importantes gurus da qualidade, William E. Deming.

As cartas de controlo são a ferramenta basilar do Controlo Estatístico do Processo (SPC – *Statistical Process Control*), um subconjunto do SQC. A 16 de Maio de 1924, Shewhart criou a primeira carta de controlo, ao desenvolver a carta de proporção de defeituosos, a carta p (Juran, 1997). Rapidamente, estendeu a sua aplicação ao controlo da qualidade com base noutros parâmetros estatísticos, tais como a média e o desvio padrão. Em 1931, Shewhart publicou o livro *Economic Control of Quality of Manufactured Product*, onde formalizou a nova abordagem relativa ao controlo da qualidade.

Ao desenvolver o SPC, Shewhart reconheceu que a variabilidade associada a uma característica da qualidade não pode ser completamente eliminada (Pyzdek, 2003a). Daqui resulta que a variabilidade observada num processo pode advir de causas não assinaláveis ou comuns, que se encontram sempre presentes, ou de situações não aleatórias e invulgares, provocadas por causas não assinaláveis ou especiais (Requeijo, 2003). As cartas de controlo permitem que se possa distinguir entre um e outro tipo de causas e, assim, apenas haja necessidade de ajustar o processo quando as cartas indicarem que o mesmo não se encontra sob controlo estatístico.

Em 1925, Dodge apresentou os conceitos básicos da amostragem por atributos (Banks, 1989). No ano seguinte foi criado um comité conjunto, denominado *Joint Committee on Inspection Statistics and Economy*, que reuniu equipas dos *Bell Telephone Laboratories* e da divisão de inspecção da fábrica de Hawthorne da *Western Electric Company*. O resultado mais significativo desse comité foi o desenvolvimento de tabelas de amostragem (Juran, 1995), outra das criações do SQC. Tais tabelas permitiram que a inspecção, até então efectuada empiricamente, passasse a estar assente em fundamentos estatísticos, de modo a poder ser formulado um juízo acerca da qualidade de um determinado lote, tendo por base uma amostra significativa do mesmo (Requeijo, 2003).

Devido a uma visão ainda muito centrada em práticas de inspecção, registou-se durante a década de 1930 uma aplicação industrial crescente de técnicas de inspecção por amostragem pelos Estados Unidos e outros países ocidentais (Banks, 1989). Pelo contrário, e pelo mesmo motivo, práticas mais proactivas, como é o caso do SPC, não suscitaram nessa altura grande interesse, inclusivamente no seio da *Western Electric Company* (Juran, 1995).

Entretanto, também nos Estados Unidos e na década de 1930, Joseph Scanlon propôs um conceito de controlo de qualidade alicerçado na motivação e participação dos empregados (Banks, 1989). Essa proposta ficou conhecida por “Plano de Scanlon” e desafiou o modelo *taylorista* que ainda

predominava na época. Alguns dos benefícios decorrentes deste plano incluem, entre outros, o aumento da eficiência ou redução de desperdício, melhorias na qualidade do produto, aumento das sugestões de melhoria e envolvimento das pessoas nas questões da qualidade (Wren, 2009).

Outra das temáticas que emergiu na primeira metade do século XX foi a do Desenho de Experiências (DOE – *Design of Experiments*). Embora a utilização empírica de planeamento experimental tenha ocorrido ao longo da história, como é exemplo a civilização Inca, a primeira discussão sistemática sobre o assunto deve-se ao britânico Sir Ronald R. Fisher, durante a década de 1920 (Sleeper, 2006), na área da experimentação agrícola. Nessa década e na seguinte, Fisher utilizou uma série de métodos estatísticos, como é o caso da ANOVA (Toutenburg, 2002), os quais formaram os alicerces do Desenho de Experiências. A primeira aplicação do Desenho de Experiências ocorreu na *Rothamsted Agricultural Experimental Station*, em Londres (Pereira e Requeijo, 2008). Consta também que as primeiras aplicações aconteceram igualmente em sectores ligados à biologia (Cox e Reid, 2000), enquanto que, a nível industrial, Yang e El-Haik (2003) referem que o sector têxtil do Reino Unido terá sido pioneiro na sua utilização.

Os Estados Unidos envolveram-se inicialmente na II Guerra Mundial como fornecedores de equipamento militar aos Aliados, desde o final dos anos de 1930, para, a partir de 1941, participarem directamente nos combates. A segurança do equipamento militar tornou-se imperiosa, pelo que a sua qualidade de fabrico era fundamental (ASQ Quality 101, 2001). O Controlo Estatístico da Qualidade, nomeadamente as tabelas de amostragem e o SPC, teve o seu apogeu nesta altura.

Entre 1945 e 1960

Com a derrota na II Guerra Mundial, o Japão atravessou uma penosa situação que levou anos a ultrapassar. A sua indústria detinha uma capacidade de apenas 10% comparativamente aos anos entre 1937 e 1939 (Imai, 1997). Além disso, a reputação dos produtos japoneses, no período anterior à guerra, não era a melhor, sendo poucas as empresas daquele país, para além da Toshiba e da NEC (Nonaka, 1993), que adoptavam práticas de Controlo Estatístico da Qualidade. O número de especialistas a trabalhar em torno dessas temáticas era também muito reduzido (Juran, 1995). Toda esta realidade colocou um enorme desafio à economia nipónica.

Após a II Guerra Mundial, os mercados tornaram-se mais globalizados e dinâmicos, pelo que a estratégia de produzir muito teve que necessariamente dar lugar à estratégia de produzir melhor (Saraiva, 2004). Desde essa altura, o Japão encetou uma verdadeira revolução na qualidade que o conduziu à liderança do mercado económico internacional, décadas mais tarde. Curiosamente, o grande impulso para este movimento japonês pela qualidade foi dado por especialistas norte-americanos durante o período de ocupação do Japão pelas forças Aliadas, entre 1945 e 1951.

A criação da *International Organization for Standardization* (ISO), em 1947 foi um acontecimento preponderante para o percurso percorrido pela área da qualidade e não apenas a nível da normalização. A ISO nasceu da união de duas instituições: a *Internacional Federation of the National Standardizing Associations* (ISA) e a *United Nations Standards Coordinating Committee* (UNSCC). Congregou na altura a participação de organismos nacionais de normalização de 25 países (IPQ, 2009). A ISO abrange no seu domínio toda a actividade económica, com excepção da electrotecnia (a cargo da IEC) e telecomunicações (a cargo da ITU).

Entretanto, a convite da União dos Cientistas e Engenheiros Japoneses (JUSE), Deming ministrou, em 1950, uma série de seminários sobre controlo estatístico da qualidade, com a duração de 8 dias, a mais de 230 engenheiros e executivos japoneses provenientes de 96 organizações (Juran, 1995). Por outro lado, Deming, cujo trabalho se baseou muito nas ideias de Shewhart (Suárez, 1992), era co-autor de algumas publicações sobre SQC que a JUSE tinha anteriormente traduzido para japonês.

Em homenagem a Deming, a JUSE estabeleceu em 1951 o Prémio Deming (*Deming Prize*), com o intuito de incentivar as empresas daquele país a desenvolverem programas de controlo da qualidade, premiando aquelas que mais se tenham destacado a este nível. O *Deming Prize* foi o primeiro instrumento de auto-avaliação a ser desenvolvido, tendo, desde essa data, sofrido várias alterações e melhorias a nível dos critérios, quer para a auto-avaliação quer para a atribuição dos prémios.

Simultaneamente, em 1951, Juran publica a primeira edição do seu terceiro livro, *Quality Control Handbook*, tendo, nesse seguimento, recebido um convite da JUSE para ministrar cursos sobre princípios e práticas de gestão orientada para a qualidade a líderes japoneses, no intuito de os ajudar a reconstruir a economia do seu país (Godfrey e Kennett, 2007). Esses cursos ocorreram no ano de 1954 (Juran e Godfrey, 1999).

De acordo com Moen e Norman (2009), foi durante os cursos e seminários ministrados por Deming no Japão, que teve origem o ciclo de melhoria contínua, mais conhecido hoje em dia pela sigla PDCA. Na verdade, o PDCA deriva do ciclo de aquisição de conhecimento proposto por Shewhart, representado na figura I.1, cujo raciocínio é análogo ao do Método Científico.

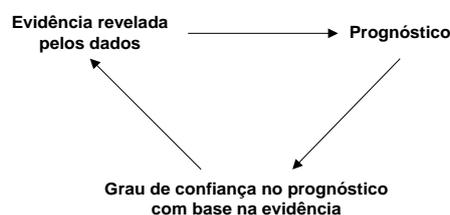


Figura I.1 – Ciclo de aquisição de conhecimento, ou ciclo de Shewhart (adaptado de: Pyzdek, 2003a).

Para Shewhart, o conhecimento apenas pode ser considerado provável, uma vez que os dados que o geram não são factos por si só, mas meramente medições que permitem inferir sobre algo com um determinado grau de confiança. O aparecimento de novos dados contribui para que o conhecimento evolua e possam ser construídas novas teorias (Pyzdek, 2003a), dando origem a um novo ciclo.

Shewhart aplicou o raciocínio anterior ao processo de controlo da qualidade na produção, também constituído por uma sequência de três passos: (1) estabelecimento de especificações, (2) produção e (3) inspeção. A este processo encontra-se associada uma aquisição contínua de conhecimento, assente na sequência “formulação da hipótese” – “experimentação” – “teste da hipótese”, como evidencia a figura I.2. Shewhart apresentou este novo ciclo no seu livro de 1939, intitulado *Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control*, editado por Deming.

Deming aperfeiçoou o ciclo anterior, criando um ciclo com quatro fases (figura I.3) que contém o ciclo de vida de um produto, sendo que o *feedback* do mercado proporciona a oportunidade para melhorar continuamente o produto através de novo ciclo. Os japoneses chamaram a este ciclo a “Roda de Deming” (*The Deming Wheel*).



Figura I.2 – O novo ciclo de Shewhart (adaptado de: Moen e Norman, 2009).

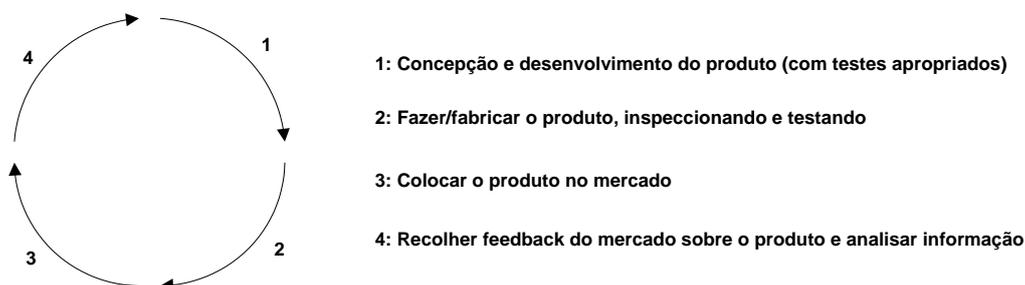


Figura I.3 – A “Roda de Deming” (adaptado de: Moen e Norman, 2009).

De acordo com Moen e Norman (2009), Masaaki Imai, que se viria a notabilizar pelo trabalho desenvolvido em torno do *Kaizen* (“melhoria contínua” em japonês), alguns executivos japoneses, presentes nos seminários promovidos pela JUSE, acabaram por baptizar este ciclo de PDCA.

Para reforçar a importância da aprendizagem, através da aquisição de conhecimento no processo de melhoria, quando Deming introduziu o ciclo de melhoria contínua no ocidente, substituiu o “*Check*” por “*Study*”, preferindo assim chamá-lo de ciclo PDSA (*Plan-Do-Study-Act*).

Tal como Juran, Armand V. Feigenbaum, outro guru da Qualidade, lançou em 1951 uma das publicações mais emblemáticas na área da qualidade, denominada *Quality Control: Principles, Practice, and Administration*. Neste livro, Feigenbaum institui as bases fundamentais do Controlo pela Qualidade Total (TQC – *Total Quality Control*), ao enfatizar a importância de todo o ciclo de vida do produto e não apenas o momento da sua fabricação. Segundo o próprio, “o princípio subjacente ao Controlo pela Qualidade Total é que, para assegurar uma genuína eficácia, o controlo da qualidade deve começar logo desde a concepção do produto e só terminar quando o produto estiver na posse do cliente”. Nesta visão, a garantia da qualidade de um produto depende da contribuição de todos na organização, não apenas da produção.

Entretanto, em 1959, foi publicada a norma militar MIL-STD-9858, o primeiro referencial relativo aos requisitos associados a um programa de controlo de qualidade, tendo servido de base para os referenciais de sistemas de qualidade que foram posteriormente publicados (Hoyle, 2001). A MIL-STD-9858 continha já requisitos para o estabelecimento de acções correctivas e preventivas, melhoria da qualidade, análises de dados, controlo de documentos e de registos, identificação e eliminação de causas especiais de variação, e ainda sobre revisão de contratos.

Entre 1960 e 1980

Mais tarde, em 1961, no livro *Total Quality Control*, Feigenbaum introduziu a temática da análise económica da qualidade, tipificando os custos de qualidade (resultantes de prevenção e avaliação) e os custos de não qualidade (resultantes de falhas internas e falhas externas). Foi uma contribuição notável, pois forneceu às empresas um instrumento pragmático e factual para estimarem os custos e benefícios económicos associados às actividades de um sistema de controlo de qualidade. O duplo desafio de Feigenbaum era “mais qualidade a um menor custo”, importante num contexto em que a competitividade dos mercados era já significativa (Duarte, 2002), fornecendo um conceito de “qualidade” similar aos princípios da Análise do Valor desenvolvidos por Lawrence D. Miles uns anos antes.

O engenheiro japonês Kaoru Ishikawa é outra das individualidades que mais contribuíram para a evolução da disciplina da Qualidade. Foi presidente da JUSE e ficou famoso por ter introduzido, em 1950, o diagrama de causa-efeito (Juran e Godfrey, 1999), mas é sobretudo reconhecido como sendo o “pai” do controlo da qualidade no Japão (ASQ Quality 101, 2001). Ishikawa foi o grande obreiro da adaptação e afirmação do conceito de Controlo pela Qualidade Total (TQC) no Japão (Ehigie e McAndrew, 2005) durante a década de 1960, uma abordagem que ficou conhecida por *Company Wide Quality Control* (CWQC) e foi fortemente inspirada pelo trabalho desenvolvido por Deming, Juran e Feigenbaum (Stevenson, 2008).

Em termos gerais, os conceitos de TQC e o CWQC são similares, contudo, enquanto que, no primeiro as actividades inerentes a um programa de qualidade total são essencialmente exercidas por especialistas em controlo da qualidade, a abordagem japonesa promove a participação de todo o pessoal envolvido directamente nos processos, incluindo os operadores e os não especialistas (Martinez-Lorente *et al.*, 1998).

Foi, por volta do mesmo período, que a *Toyota Motor Corporation* começou a desenvolver o seu revolucionário sistema de produção, conhecido por *Toyota Production System* (TPS), tendo o conceito sido idealizado em torno de diversos princípios, conceitos e práticas. Destacam-se os ensinamentos sobre melhoria contínua de Deming, que no Japão deram origem ao termo “*Kaizen*”, o qual compreende a palavra “*ka*”, que significa mudança, e “*zen*”, que quer dizer bom. Outra inspiração do TPS é o enfoque nas necessidades dos clientes, incluindo o cliente interno, que indica que cada actividade que ocorra num processo deve ser vista como cliente da actividade que a precede (Liker, 2004), devendo a actividade fornecedora fazer chegar o resultado do seu trabalho de acordo com os requisitos da actividade cliente e no momento do tempo em que esta última necessita.

Outra das inspirações do TPS são os princípios de produção de Henry Ford. O modelo de Ford tinha um forte enfoque na redução de custos e na eliminação de tempos mortos, que constituem desperdício. Todavia, ao contrário do fabricante norte-americano, a Toyota competia em mercados mais pequenos e fragmentados, o que tornava inviável uma estratégia de redução de custos com base na quantidade produzida, pois incorreria em excesso de inventários. O TPS foi concebido de modo a minimizar todo o tipo de desperdícios, ou “*muda*”, como sejam: o excesso de inventários, a produção de quantidades superiores à procura, tempos de espera, tempos de transporte, tempos de movimentação e a ocorrência de defeitos. O modelo de produção da Toyota inspirou muitas outras indústrias japonesas a adoptarem práticas idênticas.

Outro dos gurus na área da qualidade, Philip B. Crosby, ficou famoso por, na década de 1960, ter introduzido o conceito dos “zero defeitos” e, associado a este, o de “fazer bem à primeira”. Ambos os chavões de Crosby foram criados no seio da *Martin Marietta Corporation*, onde Crosby trabalhava, com o objectivo de motivar os colaboradores e de os sensibilizar para a importância de assegurar níveis de “perfeição” relativamente aos padrões de qualidade a alcançar (Dooley, 2000). Crosby, que mais tarde foi CEO da ITT, notabilizou-se também por sublinhar o papel que os gestores de topo de uma organização têm nos programas de qualidade total, nomeadamente na forma como efectivamente demonstram o seu comprometimento (Stevenson, 2008).

Foi sensivelmente a partir dessa década que, numa perspectiva de qualidade total, as actividades de controlo de qualidade, para além de incidirem no produto e nos respectivos processos de fabrico, foram passando a abranger também os serviços de apoio e suporte prestados (Juran e Godfrey, 1999), como: os serviços de manutenção, serviços de assistência, serviços de informação e apoio ao cliente, serviços de financiamento, serviços administrativos, entre outros. Foi uma tendência gradual e crescente, mas que começou a ser praticada pelas organizações mais proactivas e/ou incluídas em sectores onde a insatisfação dos clientes tinha um impacto negativo muito grande sobre o negócio.

As décadas de 1960 e 1970 ficaram marcadas por notáveis progressos nas áreas científicas e tecnológicas, com particular destaque para as indústrias nuclear, aeroespacial, biológica e química, automação e electrónica. Também, durante o período da guerra-fria, se registaram grandes avanços tecnológicos a nível da indústria militar. Inerentes aos sectores referidos, encontram-se fortes exigências ao nível da segurança e da qualidade (Pereira e Requeijo, 2008) dos produtos, o que implicou a adopção de práticas de controlo de qualidade e a criação de um crescente número de normas e regulamentos técnicos (Hoyle, 2001).

Os japoneses souberam tirar partido dos ensinamentos de Deming, Juran e outros sobre controlo da qualidade, bem como da tecnologia disponível (Leitner, 1999), para alcançar uma supremacia económica, já na década de 1970, no que é designado por “milagre japonês”. De acordo com Dahlgaard (1999), a evolução da disciplina da qualidade no Japão pode ser enquadrada em torno das três fases indicadas no quadro I.1. Tratando-se de uma evolução, não existe uma separação descontínua entre elas, no entanto, representam as características dominantes em cada um dos períodos referidos.

Quadro I.1 – Evolução da temática da qualidade no Japão (adaptado de: Dahlgaard, 1999).

Fase	Período	Descrição
Fase 1	1946 – 1960	Importação, aprendizagem e adopção das práticas de controlo da qualidade.
Fase 2	1960 – 1970	Assimilação e implementação das práticas de controlo de qualidade e sua adaptação ao contexto japonês.
Fase 3	1970 – 1990	Supremacia na qualidade dos produtos e na eficiência das organizações, contribuição com desenvolvimentos significativos para o controlo e gestão da qualidade, exportação do modelo japonês da qualidade para países ocidentais.

Entre 1960 e 1970, o Japão aperfeiçoou os princípios e as práticas em torno do CWQC, os quais, mais tarde, sobretudo a partir da década de 1980, serviriam de referência aos países ocidentais para desenvolverem o conceito de Gestão pela Qualidade Total (TQM – *Total Quality Management*). Os principais princípios e práticas subjacentes ao CWQC são os seguintes:

- Definição pela gestão de topo de uma política de controlo de qualidade para organização, e desenvolvimento de planos de execução dessa mesma política.
- Envolvimento e participação de todas as funções organizacionais necessárias a um efectivo programa de controlo de qualidade, incluindo as de desenvolvimento de produto.
- Formação e treino adequados para as pessoas envolvidas no programa de qualidade total.
- Autonomia das equipas de *Kaizen* (melhoria contínua) e estímulo ao utilização de ferramentas e técnicas da qualidade na resolução de problemas, melhoria da qualidade, ou aumento da eficiência.

A promoção de equipas de controlo de qualidade, constituídas por 4 a 15 elementos (Ehigie e McAndrew, 2005), que reúnem regularmente com o intuito de analisar e resolver determinados problemas referentes aos seus locais de trabalho (o *gemba*), apoiando-se para esse fim na utilização de ferramentas da qualidade simples mas eficazes, é uma das práticas que melhor caracteriza a abordagem de qualidade total no Japão. O termo “Círculos da Qualidade”, proposto por Ishikawa para denominar essas equipas de controlo da qualidade, foi formalmente adoptado em 1962 pela JUSE (Nonaka, 1993).

Numa época em que a oferta de produtos no mercado já superava a procura, a realização de actividades de desenvolvimento de produto com enfoque na originalidade e não na imitação tornava-se um factor cada vez mais imperativo. Neste domínio, assume particular destaque o Desdobramento da Função Qualidade (QFD – *Quality Function Deployment*), desenvolvido no Japão durante a segunda metade da década de 1960 e ao longo da de 1970, num contexto de CWQC, no qual se reconhece que as fases a montante dos processos produtivos, como é o caso do desenvolvimento de produto, contribuem de forma decisiva para a qualidade final das soluções disponibilizadas nos mercados.

Os japoneses foram talvez os primeiros a pôr em prática a gestão estratégica da qualidade, através da abordagem *Hoshin Kanri*, desenvolvida com o objectivo de comunicar a estratégia, política e objectivos de uma organização, relativamente ao sistema de controlo de qualidade, ao longo da sua pirâmide hierárquica, para que todos na organização pudessem actuar em concordância com os mesmos. O *Hoshin Kanri* e o QFD evoluíram em paralelo (Hunt e Xavier, 2003), sendo que ambos partilham a mesma lógica de planeamento da qualidade através do desdobramento de objectivos.

Na década de 1970, o Japão era já a terceira potência económica mundial e as suas empresas dominavam vários dos mercados internacionais, em especial nos sectores automóvel e das tecnologias de ponta, em geral. Esse crescimento, alicerçado em programas de qualidade total, permitiu às indústrias japonesas conceber, desenvolver e produzir os seus artigos com níveis superiores de qualidade, através de processos mais eficientes, comparativamente com o que sucedia nos países ocidentais. Desse modo, conseguiam colocar esses produtos, de maior qualidade, a preços mais atractivos.

Entre 1980 e 1999

Numa época em que os mercados eram já globalizados, e os clientes e consumidores dispunham da possibilidade de escolher entre um leque de produtos e serviços alternativos, o desafio para uma organização ser bem sucedida no processo concorrencial passava pela sua capacidade de conseguir

fornecer artigos personalizados, com superior qualidade e vendidos ao melhor preço, disponibilizando ainda os melhores serviços de apoio e suporte.

A perda de competitividade das companhias norte-americanas atingia, já no final da década de 1970, grandes proporções (Juran, 1995). Essa “crise da qualidade”, como ficou conhecida, levou, inclusivamente, a estação televisiva NBC, em 1980, a exibir um documentário intitulado “*If Japan can...why can't we?*”, onde era explicada a importância da qualidade na competitividade das empresas (Suárez, 1992).

Em resposta à superioridade nipónica, começou a emergir na Europa e Estados Unidos a filosofia de Gestão pela Qualidade Total (TQM). Embora Feigenbaum e Ishikawa tenham provavelmente sido os grandes contribuidores para o desenvolvimento do termo TQM, foram sobretudo os postulados de Juran, Deming e Crosby que moldaram as dimensões, práticas e mecanismos fundamentais do conceito (Martinez-Lorente *et al.*, 1998). A evolução de *Total Quality Control* para *Total Quality Management* representa muito mais do que uma questão de terminologia. Resultou de um crescente reconhecimento de que as actividades relacionadas com a qualidade devem abranger todos os níveis hierárquicos da organização, a começar na sua liderança, bem como todas as áreas funcionais e não apenas aquelas directamente envolvidas na produção dos bens comercializados.

Em consequência disso, durante as décadas de 1980 e de 1990, assistiu-se à importação e disseminação de um conjunto de teorias, modelos e técnicas oriundos do Japão (Dahlgard, 1999). Um dos exemplos mais expressivos disso mesmo foi a introdução do QFD e das ferramentas de planeamento e gestão da qualidade a ele subjacentes, primeiro nos Estados Unidos e depois na Europa. O interesse demonstrado em relação ao QFD, sobretudo a partir do final da década de 1980, justifica-se pela crescente importância das actividades em torno do planeamento da qualidade e do desenvolvimento de novos produtos para a capacidade competitiva de empresas e instituições (Chan e Wu, 2002b). Na verdade, grande parte do sucesso nipónico assentava na sua capacidade de conceber e desenvolver, num curto espaço de tempo e a custos inferiores, artigos de elevada qualidade e geralmente bem aceites no mercado.

Paralelamente, parte significativa do sector automóvel norte-americano e europeu procurou adaptar um conjunto de práticas inerentes ao sistema produtivo da Toyota (TPS) à sua realidade. Essas práticas, que no ocidente ficaram, durante os anos de 1980, conhecidas por *Just-in-Time* (JIT) (Arnheiter e Maleyeff, 2005), cedo foram também adoptadas por outras indústrias de ponta, como é o caso da aeroespacial (Pepper e Spedding, 2010). O termo *Lean* foi “cunhado” em 1990 no livro intitulado *The Machine that Changed the World* de James P. Womack *et al.* (Ricondo e Viles, 2005) e, desde então, a abordagem *Lean Thinking* tem evoluído no sentido de procurar eliminar desperdícios, não apenas nos processos operacionais e produtivos, mas em todas as vertentes do negócio, como, por exemplo, nos processos de desenvolvimento de novos produtos (Pepper e Spedding, 2010), numa vertente conhecida por *Lean Design* (Jugulum e Samuel, 2008).

Em Novembro de 1981, Genichi Taguchi, outra das notáveis personalidades da engenharia da qualidade, introduziu, pela primeira vez, no ocidente o conceito da “Função de Perda”, numa apresentação realizada na *Ford Motor Company* (Lofthouse, 1999). À semelhança de outras abordagens oriundas do Japão, os métodos e conceitos propostos por Taguchi só se tornaram mais divulgados nos Estados Unidos e noutros países ocidentais a partir de 1980 (Pereira, 1999). Para

além da Função de Perda, que permite relacionar o nível de desempenho operacional de um sistema técnico com o custo de não qualidade (ou perda monetária), as contribuições de Taguchi estendem-se a outros conceitos e práticas relevantes, como sejam o Índice Sinal-Ruído e as matrizes ortogonais L_n . Em particular, o processo de Projecto Robusto (*Robust Design*), uma abordagem de desenvolvimento de produtos, composta por três fases, popularizou a utilização de práticas do Desenho de Experiências num contexto industrial (Sirvanci e Durmaz, 1994).

Tal como grande parte do sector industrial norte-americano, no início dos anos de 1980, a *Motorola* enfrentava grandes desafios. A forte concorrência japonesa, coreana e europeia, juntamente com a rápida introdução de novas gerações de produtos, conduzia à necessidade de assegurar padrões de qualidade muito elevados. Contudo, à época, a empresa detinha taxas de produtos defeituosos e níveis de reclamações e accionamentos de garantia considerados elevados, gerando custos de não qualidade significativos (Raisinghani, 2005).

Ao estudar o problema, a *Motorola* concluiu que à medida que novas gerações de produtos iam sendo introduzidas, o número de funcionalidades incorporadas aumentava. Consequentemente, o número de oportunidades para o produto apresentar pelo menos um defeito também subia (Harry e Shroeder, 2000), ou seja, aumentava o número de características críticas para a qualidade que poderiam não cumprir as especificações estabelecidas. A *Motorola* concluiu que a única forma de atingir uma taxa residual de produtos defeituosos seria o de garantir, para cada característica crítica, um nível de capacidade tal que o número de vezes que as especificações não fossem cumpridas era de apenas 3,4 partes por milhão (ppm) (Goh e Xie, 2004). Foi com base nesse objectivo que, por volta do ano de 1987, a *Motorola* começou a desenvolver projectos de melhoria nos seus processos, apoiando-se numa metodologia inspirada no ciclo PDCA, o MAIC (*Measure, Analyse, Improve, Control*). A *Motorola* “cunhou” esta iniciativa da qualidade com o nome “Seis Sigma”.

Embora algumas outras organizações, sobretudo nos Estado Unidos, tivessem adoptado o conceito como forma de melhorar a qualidade dos seus produtos, o Seis Sigma só se tornou verdadeiramente popular quase uma década depois, quando o grupo *General Electric* (GE) foi capaz de articular a abordagem com a estratégia dos negócios (Snee e Hoerl, 2003). A visão pragmática e ambiciosa de Jack Welch, CEO da GE, demonstrou que o Seis Sigma poderia ser utilizado não só para melhorar a qualidade dos produtos, mas sobretudo para alcançar vantagens competitivas, através da redução de ineficiências e desperdícios em todos os processos-chave e da inovação de novos produtos através de uma abordagem a que a GE chamou “*Design for Six Sigma*” (DFSS). Desde então, o Seis Sigma tem vindo a ser adoptado um pouco por todo o mundo (Kumar *et al.*, 2008).

Outro acontecimento significativo durante a década de 1980 foi a criação do *Malcolm Baldrige National Quality Award* (MBNQA), o prémio nacional da qualidade dos Estados Unidos. Em 1983, numa série de conferências promovidas pela *American Productivity and Quality Center* (APQC), foram feitas recomendações no sentido de os Estados Unidos institucionalizarem, à semelhança do que acontecera com o *Deming Prize* no Japão, um prémio que reconhecesse as melhores práticas empresariais em torno de gestão pela qualidade total (Dooley *et al.*, 1990). O MBNQA foi criado em 1987 e um ano depois foram atribuídos os primeiros prémios, sendo que entre as empresas vencedoras se encontrava a *Motorola*, devido à iniciativa do Seis Sigma. Tal como o *Deming Prize*, o MBNQA assenta num modelo que permite que empresas e instituições, atendendo aos critérios de

avaliação dos candidatos ao prémio, procedam a actividades de auto-avaliação que assim identifiquem pontos fortes e áreas de melhoria. Esse modelo é actualmente denominado por *Baldrige Criteria for Performance Excellence* (BCPE).

O desenvolvimento da primeira família de normas ISO 9000 data de 1987 e teve por base a revisão de 1984 da norma britânica BS 5750, criada em 1979. Na altura, essa família de normas internacionais de garantia da qualidade assentava num conjunto de seis referenciais (Hoyle, 2001): ISO 9000-1, ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003, ISO 9004-1 e ISO 8402. O primeiro desses referenciais fornecia as linhas de orientação para a selecção e aplicação das normas; as normas ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003 especificavam os requisitos para a implementação de um sistema de qualidade e podiam ser utilizados num âmbito de certificação; a ISO 9004-1 continha linhas de orientação sobre gestão da qualidade e os elementos de um sistema de qualidade; enquanto que a norma ISO 8402 descrevia o vocabulário e a terminologia associados a um sistema de qualidade. Uma nova revisão desta família de normas ocorreu em 1994 e teve como objectivo reforçar a importância de aplicação do ciclo de melhoria contínua PDCA e das actividades de planeamento da qualidade na gestão do sistema da qualidade (Juran e Godfrey, 1999).

Na Europa, mais do que nos Estados Unidos e no Japão, as organizações, consoante o seu sector de actividade, procuraram desenvolver os seus sistemas de qualidade com base nos referenciais ISO 9001, ISO 9002 ou ISO 9003, visando essencialmente a sua consequente certificação (Juran, 1995). No entanto, na década de 1980, a adesão às práticas de gestão pela qualidade total por parte das organizações europeias era inferior à registada nos Estados Unidos e sobretudo no Japão (Conti, 2007). Com o intuito de inverter este panorama, é criada, em 1988, a *European Foundation for Quality Management* (EFQM), que reuniu inicialmente 14 das empresas de maior dimensão da Europa, entre as quais se encontravam a *Olivetti*, *Philips*, *Electrolux*, *Bosch*, *Nestlé*, *Fiat*, *Renault* e *Volkswagen*.

Um dos objectivos da EFQM visava a criação do Prémio Europeu da Qualidade. O modelo que serviu de base à avaliação das candidaturas ao prémio foi apresentado em 1992 e constituiu um enorme passo em frente na forma de pensar a “qualidade total”. A abrangência, permitindo que múltiplas dinâmicas e vertentes do negócio de uma organização sejam avaliadas, e o enfoque que também dá aos resultados percebidos por clientes e outras partes interessadas (para além dos tradicionais resultados do negócio), colocaram o modelo da EFQM num patamar superior relativamente aos modelos do MBNQA e do *Deming Prize*. Estes últimos eram modelos de TQM estruturados e que permitiam aferir sobre o grau de maturidade de uma empresa ou instituição em relação à adopção de práticas de qualidade total (Conti, 2007), mas o modelo da EFQM extravasava esse âmbito e assumia-se como um verdadeiro referencial de excelência na gestão de uma organização. Outra diferença significativa é a ênfase que a abordagem da EFQM coloca nas actividades de auto-avaliação e menos na candidatura ao prémio (Juran e Godfrey, 1999). Na revisão do modelo da EFQM, em 1999, foi reforçado o enfoque dado à excelência organizacional em detrimento de uma visão menos ampla inerente ao TQM, inclusivamente na terminologia utilizada (Adebanjo, 2001).

Em 1990, Hammer (1990) e Davenport e Short (1990) introduziram o conceito de reengenharia empresarial, ou de processos (BPR – *Business Process Reengineering*). Hammer e Champy (1993) definem reengenharia como “o repensar fundamental e a redefinição radical dos processos empresariais que visam alcançar melhorias drásticas nos indicadores de desempenho críticos”. À

semelhança de outras abordagens de melhoria contínua, a reengenharia centra-se na melhoria do desempenho dos processos. A grande diferença reside no facto de a melhoria, no caso da reengenharia, passar pela alteração de todo o processo e não apenas de parte dele (O'Neill e Sohal, 1999). Acções de reengenharia foram fortemente impulsionadas no início da década de 1990, nos Estados Unidos, contudo algumas aplicações eventualmente abusivas do conceito originaram fenómenos sociais negativos, fazendo com que a abordagem perdesse alguma da popularidade a partir do final do século passado (Ricondo e Viles, 2005).

Em 1992, Robert S. Kaplan e David P. Norton apresentaram um instrumento de apoio à gestão estratégica e à medição do desempenho de uma organização, a que chamaram *Balanced Scorecard* (BSC). A sua progressiva utilização no seio dos sistemas de qualidade total revela a crescente importância das actividades de planeamento da qualidade, neste caso em particular do planeamento estratégico. O BSC enquadra os indicadores-chave de desempenho (KPI – *Key Performance Indicators*) de uma organização em torno de quatro perspectivas: “financeira”, “cliente”, “processos internos do negócio” e “aprendizagem e crescimento”. Para cada KPI existe um objectivo mensurável e que, portanto, deverá estar quantificado através de um valor-alvo, devendo também estar descritas as iniciativas a executar que permitirão atingir esse mesmo objectivo. Em 1996, Kaplan e Norton introduziram uma ferramenta chamada “mapa estratégico” que permite visualizar e compreender as interligações entre os diversos KPIs alocados a cada uma das quatro perspectivas.

Ao longo do século XX, o peso do sector dos serviços nas economias foi sendo cada vez mais significativo. Esta realidade teve consequências profundas na evolução do conceito “qualidade”, mesmo nas definições apresentadas pelos chamados gurus da disciplina, como Juran, Deming ou Feigenbaum (Behara e Gundersen, 2001). Antes de 1980, pouca atenção tinha sido ainda dada à qualidade nos serviços, sendo curiosamente na literatura ligada à área do *marketing* que primeiro se começou a abordar o assunto (Reeves e Bednar, 1994). Por outro lado, embora algumas indústrias tivessem anteriormente estendido as suas práticas de controlo de qualidade aos serviços de suporte prestados, a maioria delas não tinha sistematizado esforços de melhoria da eficiência dos processos inerentes à prestação desses serviços. Este contexto conduziu a uma crescente adesão das empresas das áreas transaccionais e dos serviços às práticas de gestão pela qualidade total ao longo das duas últimas décadas do século XX (Dahlgard e Dahlgard-Park, 2006). Revelou também que, para uma organização ser competitiva, todos os seus processos-chave, e não somente os processos produtivos ou de realização deveriam ser continuamente melhorados.

Desde 2000

Nos últimos dez anos a evolução da gestão e engenharia da qualidade tem procurado acompanhar as necessidades das organizações na adopção de estratégias e modelos de gestão que lhes permitam competir com sucesso nos mercados, cada vez mais exigentes e globalizados.

Em 2000, no decurso de um ambicioso processo de revisão, foram publicadas as novas versões dos referenciais da família ISO 9000, que, num esforço de simplificação, passou a incluir três normas: a ISO 9000, contendo a terminologia e os fundamentos associados a um sistema de gestão da qualidade, a ISO 9001, descrevendo os requisitos desse mesmo sistema e que pode ser utilizada para efeitos de certificação, e a ISO 9004, indicando linhas de orientação para melhorias de desempenho através da adopção de práticas da gestão pela qualidade total.

A estrutura e o conteúdo da ISO 9001:2000, quando comparados com a versão de 1994, revelam um significativo avanço na forma como propõem o desenvolvimento e manutenção de um sistema de qualidade. Evoluiu-se de um modelo de garantia da qualidade, centrado em torno da conformidade do produto, para um modelo de gestão da qualidade (Saraiva *et al.*, 2000), assente em oito princípios: (i) liderança; (ii) enfoque no cliente; (iii) envolvimento das pessoas; (iv) abordagem por processos; (v) abordagem à gestão como um sistema; (vi) melhoria contínua; (vii) tomada de decisões com base em factos; (viii) relações mutuamente benéficas com fornecedores.

A primeira década do século XXI confirmou a crescente adesão ao referencial ISO 9001, havendo, no final de 2010, pelo menos um total de 1.109.905 entidades, distribuídas por 178 países diferentes (ISO, 2011c), com os seus sistemas de qualidade certificados por este referencial. A China era já o país que mais contribuía para esse elevado número. A ISO 9001:2000 foi concebida de modo a ser facilmente integrada com os sistemas de gestão ambiental baseados na ISO 14001:1996, mas foi com a publicação, em 1999, da norma OHSAS 18001, orientada para os sistemas de gestão da saúde e segurança no trabalho, que a articulação entre diferentes referenciais de gestão se tornou uma temática ainda mais pertinente. Desde então, tem-se assistido a um crescente interesse em torno dos sistemas integrados de gestão da qualidade, ambiente e segurança (Zeng *et al.* 2006). A sucessiva adesão das organizações a outros referenciais de gestão, alguns referentes a sectores de actividade específicos, têm vindo a colocar um conjunto de desafios que se prendem com o modo como os diferentes sistemas de gestão podem ou devem vir a ser articulados, compatibilizados e integrados (Sampaio e Saraiva, 2010). De acordo com Karapetrovic (2002), o fenómeno dos sistemas integrados de gestão deve-se, em grande medida, à expansão do âmbito da disciplina da “qualidade”.

O século XXI tem trazido profundas mudanças no xadrez económico a nível mundial. Os ritmos de crescimento contrastantes entre os países emergentes, como a China, Índia e Brasil, e os países mais desenvolvidos, como os Estados Unidos, Japão, França e Alemanha, têm colocado enormes desafios às organizações de todo o mundo. Face a esta realidade, e embora os princípios fundadores da qualidade total continuem a assumir, e talvez mais do que nunca, uma grande importância para a sua competitividade, vectores como a capacidade de inovação e de criação de valor, a flexibilidade e adaptação à mudança, a sustentabilidade do negócio, ou ainda a gestão do conhecimento, têm assumido uma relevância adicional. Pela sua crescente importância, essas temáticas têm sido incorporadas nos mais recentes e avançados modelos estruturados de TQM, como é o caso da versão 2010 do Modelo de Excelência da EFQM.

O apêndice I.3 permite compreender as definições do conceito “qualidade” do ponto de vista dos principais gurus desta área, assim como a contribuição de cada um para a evolução da temática. Outras definições relevantes para o conceito “qualidade” são dadas por outros autores importantes. Michael E. Porter (1980) afirma que qualidade é uma forma de diferenciar os produtos de uma organização dos oferecidos pelos seus concorrentes. Para Peter F. Drucker, a qualidade tem que ser enquadrada ao nível de todo o negócio, nomeadamente na forma como pode contribuir para a incorporação de valor nos serviços fornecidos aos clientes e, deste modo, concorrer para a sustentabilidade financeira da organização (Watson, 2002b). Para Tom Peters, a qualidade está na visão daquele que olha, o cliente, mas compete sobretudo à liderança de uma organização, a quem cabe o papel central de assegurar que os níveis de qualidade pretendidos são satisfeitos (Peters e Austin, 1985).

Perspectivas sobre o futuro da qualidade

O conceito, princípios e escopo da disciplina da qualidade têm progredido no sentido de acompanharem a evolução das realidades sócio-económicas e as dinâmicas dos mercados, cada vez mais globais, competitivos e mutáveis. É cada vez mais a qualidade da gestão, e não a gestão da qualidade, que está em causa.

Deste modo, a qualidade tem procurado fornecer modelos e soluções que permitam às organizações agilizar os seus processos e estruturas e adoptar as melhores práticas que possibilitem responder aos constantes desafios e conduzam a um aumento da riqueza económica gerada, tanto para si como para os seus clientes, como ainda para os seus colaboradores, parceiros de negócio, accionistas, sociedade e demais partes interessadas relevantes.

Efectuando uma análise cuidadosa à evolução da gestão e engenharia da qualidade, descrita nas subsecções anteriores, é possível identificar alguns padrões evolutivos concretos e assim poder perspectivar as seguintes tendências futuras nesta área:

- Outrora a qualidade focalizava-se apenas no produto, tendo depois passado a abranger também os seus processos produtivos; mais tarde ainda englobou os serviços de suporte e, mais recentemente, todas as áreas e funções de uma organização passaram a ser consideradas. A tendência será naturalmente, até pelos sinais dados nas sucessivas revisões dos referenciais de gestão da qualidade, bem como dos modelos de excelência, de a perspectiva da qualidade ser cada vez mais ampla. Assim, tenderá cada vez mais a não se limitar à esfera do cliente e da própria empresa, situando-se em todas as áreas de gestão do negócio, de modo a ter também em linha de conta as necessidades e expectativas, actuais e futuras, não só dos clientes, mas igualmente de outras partes interessadas relevantes no ciclo de vida dos produtos/serviços transaccionados e das actividades empresariais.
- Transversalidade cada vez maior, conducente a uma crescente conexão com outras áreas do conhecimento, tais como: inovação, *marketing*, gestão estratégica, gestão de pessoas e de equipas, gestão de projectos, gestão financeira.
- Muitos dos princípios e das melhores práticas inerentes aos modelos de gestão pela qualidade total são cada vez mais incorporados noutros modelos de gestão desenvolvidos para sectores de actividade específicos: os serviços de tecnologias de informação (e.g. ITILv3), segurança alimentar (e.g. ISO 22000), laboratórios (e.g. ISO/IEC 17025), indústrias do petróleo, petroquímica e gás natural (e.g. ISO 29001), entre outros exemplos.
- Crescente necessidade de integrar e articular os sistemas de gestão da qualidade com outros subsistemas de gestão relativos a outros referenciais normativos.
- A multiplicidade de teorias, modelos, métodos, técnicas e ferramentas, que actualmente fazem parte da esfera da gestão e engenharia da qualidade, coloca o desafio aos profissionais da qualidade para desenvolverem estruturas integradoras entre as demais iniciativas da qualidade que permitam às empresas e instituições tirar partido das sinergias entre elas e explorar os benefícios da sua correcta utilização.
- A globalização e a forte competitividade dos mercados, a velocidade das mudanças nos paradigmas sócio-económicos e políticos, a crescente incerteza dos mercados financeiros, a rápida evolução das tecnologias e dos sistemas de informação, entre outras variáveis,

constituem fortes ameaças, mas também um mar de oportunidades para as organizações. Os princípios da qualidade, que ao longo de décadas foram sendo consolidados, serão cada vez mais orientados para a sustentabilidade do negócio, alicerçada na capacidade de criação de valor no curto, médio e longo prazos e numa actuação ética e verdadeiramente responsável.

- Considerando a Trilogia de Juran, os desenvolvimentos mais recentes da área da qualidade têm incidido nas vertentes de melhoria e de planeamento da qualidade. Uma vez que as actividades de planeamento da qualidade são aquelas que mais contribuem para a criação de valor, estando intimamente relacionadas com os fenómenos de inovação e de desenvolvimento de novos produtos e serviços, serão provavelmente essas que mais irão merecer a atenção das comunidades científica e empresarial durante os próximos anos ou, mesmo, décadas.

No trabalho de Saraiva *et al.* (2010), os autores analisam e discutem amplamente o movimento da qualidade em Portugal, reflectindo sobre e perspectivando o futuro da disciplina no país.

I.2. Resumos dos principais marcos e acontecimentos na área da Qualidade

Quadro I.2 – Principais marcos e acontecimentos na área da Qualidade.

Época	Acontecimento
Antes de 1900	<ul style="list-style-type: none"> • Criação da <i>International Telegraph Union</i> (ITU), em 1865. • Criação da <i>American Society for Testing and Materials</i> (ASTM), em 1898.
1900 – 1920	<ul style="list-style-type: none"> • Criação do <i>Engineering Standards Committee</i>, o primeiro organismo nacional de normalização, no Reino Unido, em 1901. • Criação do <i>International Electrotechnical Commission</i> (IEC), em 1906. • Época do controlo da qualidade por parte dos supervisores.
1920 – 1945	<ul style="list-style-type: none"> • Criação do departamento de engenharia dos <i>Bell Telephone Laboratories</i> da <i>Western Electric Company</i>, em 1924. • Desenvolvimento da primeira carta de controlo, a carta p, em 1924, por Walter A. Shewhart. • Apresentação dos conceitos básicos de inspecção por amostragem por atributos, em 1925, por Harold F. Dodge. • Desenvolvimento, entre 1925 e 1926, dos principais conceitos e terminologia relativos à teoria de amostragem, tais como: Risco do Consumidor e do Produtor, Probabilidade de Aceitação de um Lote, Curvas de Características de Operação, Tolerância Percentual de Não Conformidade no Lote (LTPD), Qualidade Média de Saída (AQL), Limite da Qualidade Média de Saída (AOQL). • Elaboração das primeiras tabelas de amostragem para o Limite da Qualidade Média de Saída (AOQL), em 1927. • Publicação do livro <i>Economic Control of Quality of Manufactured Product</i> de Walter A. Shewhart, em 1931, onde descreve os princípios e práticas inerentes ao Controlo Estatístico da Qualidade (SQC). • Publicação da norma britânica BS 600:1935 intitulada <i>The Application of Statistical Methods to Industrial Standardisation and Quality Control</i>. • Publicação do livro <i>The Design of Experiments</i> de Sir Ronald A. Fisher, em 1935, a primeira obra em torno da temática de Desenho de Experiências.

Quadro I.2 – Principais marcos e acontecimentos na área da Qualidade. (*continuação*)

Época	Acontecimento
1920 – 1945	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento do “Plano Scanlon”, em 1938, sobre o papel da motivação e participação dos empregados em programas de controlo de qualidade. Publicação do livro <i>Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control</i> de Walter A. Shewhart, em 1939, onde apresenta o ciclo Especificação-Produção-Inspeção que viria a servir de base para o ciclo PDCA. Apresentação em 1939, por parte de Harry G. Romig, da sua tese de doutoramento em torno dos planos de amostragem por variáveis, intitulada <i>Allowable Averages in Sampling Inspection</i>. Publicação das tabelas de amostragem, por Dodge e Romig, em 1944.
1945 – 1960	<ul style="list-style-type: none"> Criação da <i>American Society for Quality Control</i> (ASQC), em 1946. Criação da União dos Cientistas e Engenheiros Japoneses (JUSE), em 1946. Criação da <i>International Organization for Standardization</i> (ISO), em 1947. Desenvolvimento e introdução das primeiras técnicas de Análise e Engenharia do Valor, em 1947, na <i>General Electric</i>, pela mão de Lawrence D. Miles. W. Edwards Deming ministra, em 1950, um conjunto de cursos com a duração de 8 dias sobre SQC, promovidos pela JUSE, a engenheiros e executivos japoneses. Publicação, em 1950, da norma militar MIL-STD-105A sobre planos de amostragem e procedimentos para a inspeção por atributos. Introdução do diagrama de causa-efeito por Kaoru Ishikawa, em 1950. Publicação da primeira edição do livro <i>Quality Control Handbook</i> de Joseph M. Juran, em 1951. Publicação do livro <i>Quality Control: Principles, Practice, and Administration</i> de Armand V. Feigenbaum, em 1951, onde são fundados princípios do Controlo pela Qualidade Total (TQC – <i>Total Quality Control</i>). Desenvolvimento do método de resposta em superfície (RSM – <i>Response Surface Method</i>), em 1951, por George Box e Don Wilson. Criação do <i>Deming Prize</i> no Japão, em 1951. Criação e desenvolvimento do sistema produtivo da Toyota (TPS) durante a primeira metade da década de 1950. Introdução da carta de controlo de somas acumuladas (CUSUM), em 1954, por E.S. Page. Difusão das cartas de controlo pelo Japão, por Kaoru Ishikawa, em 1955. Criação da <i>European Organization for Quality Control</i> (EOQC), em 1957. Publicação da norma militar MIL-STD-414 sobre planos de amostragem para aceitação por variáveis, em 1957. Genich Taguchi publica no Japão, em 1957, um livro sobre Desenho de Experiências onde introduz o conceito do Índice Sinal-Ruído. Introdução da carta de controlo de média móvel exponencialmente amortecida (EWMA), em 1959, por S.W. Roberts. Publicação da norma militar MIL STD-9858, o primeiro referencial contendo requisitos para um programa de controlo de qualidade, em 1959.
1960 – 1980	<ul style="list-style-type: none"> Introdução da técnica <i>Poka-Yoke</i> (à prova de erro) por Shigeo Shingo, no âmbito o TPS, em 1961.

Quadro I.2 – Principais marcos e acontecimentos na área da Qualidade. (*continuação*)

Época	Acontecimento
1960 – 1980	<ul style="list-style-type: none"> • Publicação do livro <i>Total Quality Control</i> de Armand V. Feigenbaum, em 1961, onde o autor descreve a aplicação dos princípios do Controlo pela Qualidade Total através 4 passos, e onde efectua também a primeira análise aprofundada em torno da temática dos custos da qualidade. • Philip B. Crosby introduz, em 1961, o conceito dos “zero defeitos” e o termo “fazer bem à primeira”, no âmbito da produção de mísseis da empresa <i>Martin Marietta Corporation</i>. • Desenvolvimento da técnica de Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA – <i>Failure Mode and Effects Analysis</i>) durante a missão <i>Apollo</i> da NASA, que teve início em 1961. • Em 1962, a JUSE formaliza a utilização do termo “Círculos da Qualidade” para designar equipas de melhoria, compostas por 4 a 15 elementos, que reúnem regularmente para identificar, analisar e resolver problemas nos seus postos de trabalho, recorrendo para tal à utilização de ferramentas da qualidade. • Apresentação da técnica FAST (<i>Functional Analysis System Technique</i>), em 1965 por Charles W. Bytheway, relacionada com a temática da Análise do Valor, na convenção internacional da <i>Society of American Value Engineers</i>. • Introdução da técnica <i>Single Minute Exchange of Die</i> (SMED) por Shigeo Shingo, no âmbito o TPS, em 1965. • Kiyotaka Oshiumi, engenheiro da empresa japonesa <i>Bridgestone Tire Kurume</i>, propõe, em 1966, uma matriz que serviria de base ao Desdobramento da Função Qualidade (QFD). • Publicação, em 1967, do primeiro volume da revista <i>Quality Progress</i> da ASQC. • Introdução formal, em 1968, do termo <i>Company Wide Quality Control</i> (CWQC), referente às práticas de qualidade total, no Japão. • Desenvolvimento em 1968 do <i>Hoshin Kanri</i>, um instrumento de desdobramento dos objectivos estratégicos, no seio da <i>Bridgestone Tire Kurume</i>. • Genichi Taguchi desenvolve o conceito de “Função de Perda”, em 1970, no Japão. • A Sociedade para o Desenvolvimento de Técnicas de Controlo de Qualidade, um comité da JUSE, introduz, em 1972, um novo conjunto de ferramentas da qualidade, dirigido para as actividades de planeamento da qualidade, que foram chamadas de “ferramentas de planeamento e gestão”. • Em 1972, os estaleiros navais da <i>Mitsubishi Heavy Industries</i> usaram uma representação gráfica, a que chamaram “Gráfico da Qualidade” (<i>Quality Chart</i>), para auxiliar na concepção e desenvolvimento de um novo petroleiro. Esse gráfico contribuiu para o desenvolvimento do QFD por parte de Yoji Akao. • O organismo de normalização do Canadá (CSA – <i>Canadian Standards Association</i>) publica, em 1975, a série de normas Z299, abrangendo várias temáticas na área da garantia/controlo da qualidade. Foi o primeiro referencial sobre sistemas de qualidade desenvolvido para indústrias não militares. • Shigero Mizuno and Yoji Akao editam, em japonês, o primeiro livro sobre QFD, em 1978. Glenn Mazur traduziu a obra para inglês, em 1994, com o título <i>QFD: The Customer-Driven Approach to Quality Planning and Deployment</i>. • Publicação do livro <i>Quality is Free</i> de Philip B. Crosby, em 1979, uma das publicação que foi um <i>best-seller</i> nos Estados Unidos no ramo da gestão.

Quadro I.2 – Principais marcos e acontecimentos na área da Qualidade. (continuação)

Época	Acontecimento
1960 – 1980	<ul style="list-style-type: none"> Em 1979, a <i>British Standards Institution</i> (BSI) publica a norma BS 5750, um referencial organizado em torno de três partes, que serviria de base à futura criação da família de normas ISO 9000.
1980 – 2000	<ul style="list-style-type: none"> Fenómeno de importação, por parte dos países ocidentais, de um conjunto de princípios, métodos e técnicas com origem no Japão. Genichi Taguchi introduz pela primeira vez no ocidente o conceito da “Função de Perda”, numa apresentação realizada na <i>Ford Motor Company</i> em 1981. Publicação do livro <i>Quality, Productivity, and Competitive Position</i> de W. Edwards Deming, em 1982, onde descreve os “14 Pontos” que considera fundamentais para uma organização conseguir adoptar com êxito os princípios da gestão pela qualidade total. Introdução formal da abordagem de QFD num país ocidental, numa comunicação apresentada por Yasushi Furukawa, Masao Kogure e Yoji Akao no âmbito de um seminário sobre CWQC que decorreu, em 1983, em Chicago nos Estados Unidos. Introdução das ferramentas de planeamento e gestão da qualidade no ocidente, em 1984, numa publicação da GOAL/QPC. Noriaki Kano propõe, em 1984, um modelo que permite relacionar a satisfação dos clientes com os atributos ou características de um produto. O modelo de Kano assume grande importância nas actividades de planeamento da qualidade. Publicação do livro <i>Out of the Crisis</i> de W. Edwards Deming, em 1986, onde o autor compila todos os princípios por si postulados em torno da temática da qualidade até essa data. Apresentação da Trilogia de Juran, em 1986, num artigo de Joseph M. Juran intitulado “The Quality Trilogy: A Universal Approach to Managing for Quality” e publicado na revista <i>Quality Progress</i>. Criação do programa de melhoria da qualidade Seis Sigma, desenvolvido na <i>Motorola</i>, em 1987. Criação do <i>Malcolm Baldrige National Quality Award</i>, o prémio nacional na qualidade norte-americano, em 1987. Publicação, em 1987, a primeira versão dos referenciais da família de normas ISO 9000. Publicação do livro <i>Juran on Planning for Quality</i> de Joseph M. Juran, em 1988, onde o autor realça a importância das actividades de planeamento da qualidade no desenvolvimento de novos produtos, sistemas e processos para a competitividade das organizações. Criação da <i>European Foundation For Quality Management</i> (EFQM), em 1988. Madhav Phadke apresenta, em 1989, o conceito do Diagrama-P (<i>P-Diagram</i>) utilizado no âmbito da optimização de um sistema técnico através da abordagem de Projecto Robusto (<i>Robust Design</i>) proposto por Taguchi. Em 1989, a EOQC passa a designar-se por <i>European Organization for Quality</i> (EOQ), sendo removido o termo “Control” para reflectir a maior abrangência da área da qualidade. Introdução do conceito de Reengenharia, em 1990, pela mão de Michael Hammer, num artigo publicado na <i>Harvard Business Review</i> intitulado “Reengineering Work: Don’t Automate Deliberate”.

Quadro I.2 – Principais marcos e acontecimentos na área da Qualidade. (*continuação*)

Época	Acontecimento
1980 – 2000	<ul style="list-style-type: none"> • O termo “<i>Lean</i>” é pela primeira vez aplicado em 1990, através do livro <i>The Machine that Changed the World</i> de James P. Womack <i>et al.</i> • Primeiras publicações sobre a teoria do “Sistema do Conhecimento Profundo” (<i>System of Profound Knowledge</i>) de W. Edwards Deming, em 1990. • Em 1992, Robert S. Kaplan e David P. Norton apresentam a abordagem de <i>Balanced Scorecard</i> (BSC) através do artigo “The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance”, publicado na <i>Harvard Business Review</i>. • Criação, em 1992, do Modelo de Excelência da EFQM. • Publicação do livro <i>Juran on Quality by Design: The New Steps for Quality into Goods and Services</i>, de Joseph M. Juran, em 1992, onde apresenta uma metodologia estruturada, apoiada no planeamento da qualidade, para a concepção e desenvolvimento de bens e de serviços. • Revisão, em 1994, dos referenciais pertencentes à família de normas ISO 9000. • Publicação, em 1996, do referencial ISO 14001 respeitante aos requisitos para o desenvolvimento de um sistema de gestão ambiental. • Revisão do Modelo de Excelência da EFQM, em 1997, de modo a incorporar a separação entre “meios” e “resultados” e a atribuição de um peso de 50% na pontuação para cada um dos dois aspectos. • Publicação, em 1997, da primeira versão da norma de responsabilidade social, SA 8000. • Em 1997, a ASQC passa a designar-se apenas por <i>American Society for Quality</i> (ASQ), sendo removido o termo “<i>Control</i>”. • Publicação, em 1999, do referencial OHSAS 18001 respeitante aos requisitos para o desenvolvimento de um sistema de gestão de segurança e saúde no trabalho.
Desde 2000	<ul style="list-style-type: none"> • Publicação das novas versões dos referenciais da família de normas ISO 9000, em 2000, que incluíram profundas alterações na sua estrutura, princípios e conteúdo. • Publicação, em 2001, do guia ISO Guide 72, intitulado <i>Guidelines for the Justification and Development of Management System Standards</i>, com o objectivo de melhorar o interface entre os diferentes comités técnicos responsáveis pelo desenvolvimento e revisão dos referenciais normativos de gestão. • Publicação, em 2001, da nova versão da norma de responsabilidade social SA 8000. • Revisão, em 2004, da norma de sistemas de gestão ambiental ISO 14001. • Revisão, em 2005, do referencial ISO 9000. • Publicação, em 2006, da especificação PAS 99, a primeira norma contendo requisitos para a integração de dois ou mais sistemas de gestão. • Revisão, em 2007, do referencial de sistemas de gestão da segurança e saúde no trabalho OHSAS 18001. • Revisão, em 2008, do referencial ISO 9001 que consistiu na introdução de um conjunto de clarificações. • Revisão, em 2009, do referencial ISO 9004 que pode ser usado para efeitos de auto-avaliação e, comparativamente à versão de 2000, aproxima-se mais dos referenciais de excelência. • Revisão, em 2010, do Modelo de Excelência da EFQM.

I.3. A contribuição dos gurus da Qualidade

Quadro I.3 – Contribuição de Walter A. Shewhart.

Conceito de “qualidade”	Para Shewhart, existem duas dimensões relativas à qualidade de um produto: uma subjectiva (aspectos de percepção humana) e outra objectiva (quantificável); apenas a dimensão objectiva, em que é possível medir o valor de uma determinada característica ou atributo do produto, pode fornecer um padrão absoluto de qualidade pelo facto permitir comparações temporais e com padrões estabelecidos (as especificações).
Publicações relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Control of Quality of Manufactured Product</i> (1931). • <i>Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control</i> (1939).
Principais contribuições	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo Estatístico do Processo (SPC). • Cartas de controlo tradicionais, por variáveis e por atributos. • Causas assinaláveis e não assinaláveis de variação. • Ciclo de Shewhart (forneceu a base para o posterior aparecimento do ciclo PDCA).

Quadro I.4 – Contribuição de W. Edwards Deming.

Conceito de “qualidade”	Para Deming, o cliente é a parte interessada mais importante e que ajuíza sobre a qualidade de um bem ou serviço, sendo por isso fundamental conhecer as suas necessidades presentes e futuras. Na visão de Deming, para que um produto ou serviço tenha qualidade é necessário assegurar que o mesmo possui uma elevada consistência de desempenho (i.e. regista pouca variabilidade), é vendido a um preço que o cliente esteja disposto a pagar, e vai de encontro às necessidades do mercado. Deming atribuía uma grande relevância à utilização de técnicas e ferramentas estatísticas, de modo a auxiliar na concepção, produção e fornecimento de bens e serviços com baixa variabilidade, capazes de satisfazer as necessidades presentes e futuras dos clientes.
Publicações relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Statistical Adjustment of Data</i> (1943). • <i>Theory of Sampling</i> (1950). • <i>Quality, Productivity, and Competitive Position</i> (1982). • <i>Out of the Crisis</i> (1986). • <i>The New Economics</i> (1994).
Principais contribuições	<ul style="list-style-type: none"> • Causas comuns e especiais de variação. • A “Roda de Deming”, que inspirou o aparecimento do ciclo PDCA. • Ciclo PDSA. • 14 Pontos de Deming. • Prevenção através da melhoria dos processos. • Reacção em cadeia para a melhoria da qualidade. • Sistema do Conhecimento Profundo.

Quadro I.5 – Contribuição de Joseph M. Juran.

Conceito de “qualidade”	Juran referiu, em 1974, que qualidade significa “adequação ao uso”, uma definição simples mas que espelha a sua orientação para a identificação e satisfação das expectativas dos clientes. Para Juran, dois aspectos são importantes na definição da qualidade de um produto (em que “produto” refere-se ao resultado, ou saída, de um qualquer processo): (1) os atributos do produto, que são as características procuradas pelos clientes quando procuram o produto; (2) os defeitos do produto, que têm um impacto negativo nos custos de não qualidade.
Publicações relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Management of Inspection and Quality Control</i> (1945). • Editor-chefe do <i>Juran’s Quality Handbook</i>, que conta com um total de 5 edições, a primeira em 1951 e a última em 1999. • <i>Case Studies in Industrial Management</i> (1955). • <i>Managerial Breakthrough</i> (1964). • Artigo “The Quality Trilogy: A Universal Approach to Managing for Quality”, publicado na revista <i>Quality Progress</i> (1986). • <i>Juran on Planning for Quality</i> (1988). • <i>Juran on Leadership for Quality</i> (1989). • <i>Juran on Quality by Design: The New Steps for Quality into Goods and Services</i> (1992).
Principais contribuições	<ul style="list-style-type: none"> • Vitais poucos e triviais muitos (Vital few and the trivial many), uma ideia assente no princípio de Pareto. • Trilogia de Juran. • Planeamento da Qualidade. • Abordagem projecto a projecto. • Sequência de ruptura (<i>Breakthrough sequence</i>). • Espiral para o progresso da qualidade.

Quadro I.6 – Contribuição de Armand V. Feigenbaum.

Conceito de “qualidade”	A primeira definição apresentada por Feigenbaum, em 1951, referia que qualidade é “o melhor que um produto pode fornecer para determinadas condições do cliente”, como sejam o propósito da utilização e o preço. Em 1961, definiu qualidade como “o conjunto total de características de um produto, em termos de marketing, engenharia, produção e manutenção, através das quais o produto será capaz de satisfazer as expectativas dos clientes”, onde se encontra implícito o princípio do controlo pela qualidade total. Na terceira edição do livro <i>Total Quality Control</i> , Feigenbaum acrescenta explicitamente o termo “serviço” à definição anterior.
Publicações relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Quality Control: Principles, Practice, and Administration</i> (1951). • <i>Total Quality Control</i> (1961). • <i>The Power of Managing Capital</i> (2003). • <i>The Power of Managing Innovation</i> (2009).
Principais contribuições	<ul style="list-style-type: none"> • Controlo pela Qualidade Total (TQC – <i>Total Quality Control</i>). • Categorização dos custos da qualidade e de não qualidade. • 4 passos para uma efectiva aplicação de um programa de qualidade total.

 Quadro I.7 – Contribuição de Philip B. Crosby.

Conceito de “qualidade”	Em 1979, Crosby definiu “qualidade” como sendo “ <i>conformidade com as especificações técnicas</i> ”, pelo que, para a julgar, esta tem que ser definida através de características mensuráveis. Assim, a qualidade pode estar presente (se as especificações forem cumpridas) ou ausente (se as especificações não forem satisfeitas). Quando as especificações técnicas não forem cumpridas à primeira, incorre-se num custo de não conformidade.
Publicações relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • <i>The Art of Getting Your Own Sweet Way</i> (1972). • <i>Quality is Free</i> (1979). • <i>Quality Without Tears: The Art of Hassle-free Management</i> (1984). • <i>Running Things: The Art of Making Things Happen</i> (1986). • <i>The Eternally Successful Organization</i> (1988). • <i>Let’s Talk Quality</i> (1989). • <i>Leading, The Art of Becoming an Executive</i> (1990). • <i>Completeness: Quality for the 21st Century</i> (1994). • <i>Quality is Still Free: Making Quality Certain in Uncertain Times</i> (1996).
Principais contribuições	<ul style="list-style-type: none"> • “Zero defeitos” e “Fazer bem à primeira”. • Seis C’s. • Processo preventivo. • 14 Passos para a Melhoria.

 Quadro I.8 – Contribuição de Kaoru Ishikawa.

Conceito de “qualidade”	A definição de Ishikawa enquadra-se no contexto da abordagem japonesa à qualidade total, considerando que qualidade consiste na “ <i>concepção, desenvolvimento, produção, comercialização e apoio pós-venda de produtos ou serviços, com o mínimo de custos associados possível, que possam gerar o máximo de utilidade para os clientes</i> ”. Para este fim, toda a organização terá de trabalhar como um todo.
Publicações relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • <i>QC Circle Koryo: General Principles of the QC Circle</i> (1970), original em japonês, publicação em inglês em 1980. • <i>What is Total Quality Control? The Japanese Way</i> (1981), original em japonês, publicação em inglês em 1985. • <i>How to Operate QC Circle Activities</i> (1985).
Principais contribuições	<ul style="list-style-type: none"> • Introdução das cartas de controlo do Japão. • Criador do diagrama de causa-efeito. • Compilação das 7 ferramentas básicas da qualidade. • Criação dos “Círculos da Qualidade”. • Desenvolvimento do conceito de <i>Company Wide Quality Control</i> (CWQC). • Conceito de “cliente interno”.

Quadro I.9 – Contribuição de Genichi Taguchi.

Conceito de “qualidade”	Para Taguchi, existem dois tipos de qualidade: (1) qualidade para o cliente e (2) qualidade para engenharia. A primeira diz respeito a características não operacionais como cor ou forma/estilo. A segunda refere-se a características da qualidade relacionadas com a operação do produto. Para estas características, Taguchi refere que qualidade corresponde à “ <i>perda monetária que um produto causa à sociedade a partir do seu fornecimento</i> ”, pelo que a sua robustez operacional deverá ser assegurada nas fases mais iniciais possíveis do processo de concepção e desenvolvimento do produto e/ou processo.
Publicações relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Introduction to Offline Quality Control Systems</i> (1980). • <i>Introduction to Quality Engineering</i> (1986). • <i>System of Experimental Design</i> (1994). • <i>Quality Engineering in Production Systems</i> (1996). • <i>Robust Engineering</i> (2000).
Principais contribuições	<ul style="list-style-type: none"> • Função de Perda. • Índice Sinal-Ruído. • Métodos experimentais de Taguchi. • Processo de Projecto Robusto (<i>Robust Design</i>).

I.4. Principais marcos e acontecimentos na temática do Seis Sigma

Quadro I.10 – Principais marcos e acontecimentos em torno do Seis Sigma.

Época	Acontecimento
1979 – 1985	<ul style="list-style-type: none"> • Art Sundry, gestor de comunicação de vendas da <i>Motorola</i>, numa reunião de executivos, em 1979, afirmou: “<i>The real problem at Motorola is that our quality stinks!</i>”. • Bob Galvin, CEO da <i>Motorola</i>, lança em 1980 um ambicioso programa com o objectivo de a <i>Motorola</i> aumentar os níveis de qualidade 10 vezes ao ano, ao longo dos cinco anos seguintes. • Em 1981, Bill Smith, gestor da qualidade do sector de comunicações, começou a estudar a correlação existente entre o desempenho dos produtos fornecidos durante o seu tempo útil de vida e a taxa de falhas internas ocorridas no processo de fabrico desses produtos. • Em 1985, Smith apresenta o relatório final onde propõe que a <i>Motorola</i> procurasse otimizar os seus processos de modo a que para cada característica crítica, houvesse, no pior dos cenários, 3,4 defeitos em cada milhão de artigos produzidos.
1986 – 1993	<ul style="list-style-type: none"> • A <i>Motorola</i> lança oficialmente o seu programa Seis Sigma em 1987. • A <i>Motorola</i> desenvolve, em 1987, os primeiros projectos quatro projectos Seis Sigma, denominados “<i>Quick Wins for Six Sigma</i>”, através do método MAIC (<i>Measure, Analyse, Improve, Control</i>). • A <i>Motorola</i> torna-se a primeira organização, em 1988, a vencer o <i>Malcolm Baldrige National Quality Award</i>, o prémio de excelência norte-americano, como reconhecimento da importância do lançamento do seu programa Seis Sigma. • A <i>Texas Instruments</i> lança o seu programa Seis Sigma, em 1988.

Quadro I.10 – Principais marcos e acontecimentos em torno do Seis Sigma. (*continuação*)

Época	Acontecimento
1986 – 1993	<ul style="list-style-type: none"> • A <i>Digital Instrument</i> lança o seu programa Seis Sigma, em 1989. • A IBM lança o seu programa Seis Sigma, em 1990. • A <i>Xerox</i> lança o seu programa Seis Sigma, em 1990. • Em 1990, é fundado o <i>Motorola Six Sigma Research Institute</i> (SSRI) com o objectivo de desenvolver estratégias de implementação do Seis Sigma e de técnicas e ferramentas estatísticas avançadas que potenciasssem os benefícios do programa. • A <i>Motorola</i> e um conjunto de outras companhias norte-americanas, entre as quais a IBM, <i>Texas Instruments</i> e <i>Xerox</i>, criaram oficialmente o conceito de <i>Black Belt</i> para designar os líderes técnicos de um projecto Seis Sigma. • A <i>Motorola</i> anuncia em 1992 ter atingido um Nível Sigma global igual a 5,4. • A <i>Asea Brown Boveri</i> (ABB) torna-se, em 1993, a primeira organização sediada na Europa a desenvolver um programa Seis Sigma.
1994 – 1999	<ul style="list-style-type: none"> • Criação da <i>Six Sigma Academy</i>, em 1994, que desenvolveu os conteúdos programáticos que serviram de base à formação e certificação de <i>Black Belts</i>, bem como de outras funções da estrutura humana de um sistema Seis Sigma. • A <i>Allied Signal</i> lança o seu programa Seis Sigma, em 1994. • A <i>General Electric</i> (GE) lança o seu programa Seis Sigma, em 1995. • Em 1996, a <i>GE Capital</i>, empresa do grupo <i>GE</i>, adiciona a fase de “<i>Define</i>” ao mapa MAIC, criando deste modo o acrónimo DMAIC. • Em 1997, a <i>GE Medical Systems</i> executa o primeiro projecto de DFSS ao desenvolver um novo equipamento de tomografia computadorizada, o <i>Lightspeed CT Scanner</i>, aplicando o mapa metodológico DMADV. • Primeira aplicação conhecida relativamente ao desenvolvimento de um projecto Seis Sigma articulado com a abordagem <i>Lean Management</i>, na empresa <i>BAE Systems</i>, em 1997. • Aumento significativo do número de organizações que, a partir de 1997, decidiu implementar sistemas Seis Sigma, algumas das quais do sector dos serviços.
Desde 2000	<ul style="list-style-type: none"> • Crescente adesão ao Seis Sigma por parte de empresas e instituições dos sectores dos serviços, destacando-se as áreas dos serviços financeiros, da saúde e dos transportes, mas não se limitando a estes. • Verifica-se, a partir do início de 2000, um aumento do número de publicações científicas em torno da temática do Seis Sigma. • Ao longo desta década, regista-se uma tendência de expansão territorial das organizações que adoptam o Seis Sigma, incidindo sobretudo naquelas sediadas nos países do centro e norte da Europa, na Coreia e também no Japão. • Em 2001, é publicado o primeiro volume da revista <i>Six Sigma Forum Magazine</i>, da ASQ • Em 2002, é publicado o primeiro número do <i>International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage</i>, a primeira revista de carácter científico sobre a temática. • A <i>DuPont</i> começa a implementar o seu sistema Seis Sigma em 2002, servindo de incubadora para o desenvolvimento da terceira geração do Seis Sigma. • São publicados, em 2002, os primeiros dois livros sobre DFSS: (1) <i>Design for Six Sigma: Launching New Products and Services Without Failure</i>, de Geoff Tennant; (2) <i>Design for Six Sigma</i>, de Subir Chowhury.

Quadro I.10 – Principais marcos e acontecimentos em torno do Seis Sigma. (continuação)

Época	Acontecimento
Desde 2000	<ul style="list-style-type: none"> Em 2004, Praveen Gupta publica o livro <i>Six Sigma Business Scorecard</i>, que permite não integrar o Seis Sigma com o <i>Balanced Scorecard</i>, assim como sistematizar a utilização do Seis Sigma como ferramenta de auto-avaliação. Em 2005 é apresentado o processo de criação de valor, denominado por ICRA e que foi desenvolvido no seio da <i>Arizona State University</i>, e que se encontra associado à denominada terceira geração do Seis Sigma. É publicado, em 2008, o livro <i>Design for Lean Six Sigma</i>, o primeiro a abordar a integração entre o DFSS e os princípios inerentes ao <i>Lean Management</i>.

I.5. Relação entre os diferentes aspectos que compõem o conceito de Seis Sigma e as abordagens oriundas da gestão e engenharia da qualidade

Quadro I.11 – Relação entre algumas das principais abordagens ou iniciativas da qualidade com os principais aspectos associados ao conceito de Seis Sigma.

Gestão engenharia da qualidade Seis Sigma	Ciclo PDCA de Shewhart/Deming	Abordagem projecto a projecto de Juran	Função Quadrática de Perda de Taguchi	"Zero defeitos" e "Fazer bem à primeira"	Sistema do Conhecimento Profundo (Conceito de Sistema)	Sistema do Conhecimento Profundo (Teoria da Variabilidade)	Trilogia de Juran	Análise Económica da Qualidade de Feigenbaum	Círculos da Qualidade de Ishikawa	Company Wide Quality Control (CWQC)
Abordagem orientada para os resultados e excelência do negócio					X			X		X
Assenta numa estrutura humana que envolve todas as funções e níveis da organização, a começar na liderança					X					X
Abordagem orientada para a satisfação das necessidades e expectativas, actuais e futuras, dos clientes							X			X
A melhoria assenta numa abordagem projecto a projecto		X								
A melhoria é orientada por mapas metodológicos contendo fases, etapas e objectivos bem definidos	X									
O processo de melhoria apoia-se utilização estruturada de técnicas e ferramentas da qualidade		X					X		X	
O desenvolvimento de acções de melhoria e alterações num produto, serviço ou processo, tem em conta o reconhecimento de que as mesmas podem ter implicações noutros sistemas técnicos					X					X
A melhoria é conduzida por equipas bem treinadas, cujos membros têm papéis e funções bem definidos									X	
O desenvolvimento de projectos é aplicável a todas as fases do ciclo de vida de produtos, serviços e processos							X			X
Tem por objectivo minimizar a variabilidade de desempenho de processos, produtos e serviços, minimizando deste modo o número de defeitos ou não conformidades			X	X		X				

Apêndice II

**Levantamento bibliográfico das abordagens
relativas ao planeamento e ao projecto de
famílias de produtos e/ou serviços**

Apêndice II. Levantamento bibliográfico das abordagens relativas ao planeamento e ao projecto de famílias de produtos e/ou serviços

Quadro II.1 – Descrição de algumas das principais abordagens (métodos e técnicas) constantes na literatura para auxiliar no planeamento de famílias de produtos e das suas variantes.

Abordagem e referência	Descrição
Planeamento estratégico de famílias de produtos. (Cohen, 1995)	Possíveis variantes de uma mesma família de produtos ou serviços são prioritizadas através da Casa da Qualidade, atendendo às necessidades do mercado e aos objectivos estratégicos da organização. Os requisitos de projecto para cada variante, e respectivas especificações, derivam de uma Casa da Qualidade Principal (<i>Master House of Quality</i>).
<i>Power Tower</i> . (Meyer e Lehnerd, 1997)	Auxilia a planear estratégias de posicionamento de mercado das actuais e/ou futuras plataformas de famílias de produtos. São, para tal, usadas grelhas que relacionam os diferentes segmentos de mercado com diferentes gamas de preço e desempenho, a partir das quais as múltiplas variantes podem ser posicionadas.
<i>Power Tower</i> . (Meyer e DeTore, 2001)	Descrição semelhante à de Meyer e Lehnerd (1997), mas a abordagem é adaptada ao planeamento de plataformas de famílias de serviços.
Algoritmo de identificação de padrões nas necessidades dos clientes. (Du <i>et al.</i> , 2003)	É proposto um algoritmo para identificar padrões nas preferências dos clientes, com base em dados históricos quantitativos. Esses padrões assumem uma estrutura em diagrama de árvore. Cada padrão corresponde a um segmento de mercado, para o qual pode ser desenvolvida uma variante do produto. Cada variante terá o seu próprio conjunto de requisitos funcionais e de especificações.
QFD <i>Product Portfolio Planning</i> (QFD-PPP). (Helferich <i>et al.</i> , 2005)	Todo o método assenta num conjunto de matrizes e princípios do QFD. As variantes que farão parte de uma família de produtos de <i>software</i> são definidas através da segmentação dos clientes, a qual é determinada a partir de uma análise de <i>clusters</i> . Esta análise baseia-se em dados sobre a importância atribuída, por um conjunto alargado de clientes, a um conjunto completo de necessidades e expectativas relativas à linha de <i>software</i> , previamente identificadas através de técnicas de auscultação das “vozes” dos clientes. Finalmente, o leque de funções da plataforma do <i>software</i> , e as especificações para cada uma, são distribuídas pelas várias variantes, de acordo com os requisitos dos segmentos e as necessidades do negócio.
<i>Customer Requirements Segmentation</i> (CRS). (Shahin e Chan, 2006)	Segmentação dos clientes com base na categorização e agrupamento das suas necessidades e expectativas (os requisitos dos clientes), o que permite planear o portefólio de produtos/serviços no seio de uma determinada família. A segmentação dos clientes decorre em três fases sequenciais e complementares: (1) segmentação de acordo com a forma como os clientes utilizam e/ou interagem com o produto ou serviço; (2) segmentação com respeito às características dos clientes (e.g. idade, género, região, etc.); (3) segmentação pela diferença entre os níveis de importância atribuídos às diferentes necessidades e expectativas.
Rácio de homogeneidade versus heterogeneidade. (Alizon <i>et al.</i> , 2010).	É proposto um rácio (HHR_{family}) para determinar o grau de homogeneidade e heterogeneidade funcional numa família de produtos/serviços. Esse rácio inclui o grau de homogeneidade das funções (uma função pode ser desempenhada por uma, por parte ou pela totalidade das variantes que constituem a família) e pelo grau de homogeneidade dos atributos das funções (mesmo uma função partilhada por diversas variantes poderá ter especificações associadas diferentes numa ou mais dessas variantes). O conhecimento sobre a homogeneidade e heterogeneidade auxilia na tomada de decisões estratégicas relativas ao posicionamento de mercado da família de produtos, de acordo com a abordagem de Meyer e Lehnerd (1997) e Meyer e DeTore (2001).

Quadro II.2 – Descrição de algumas das principais abordagens (métodos e técnicas) propostas na literatura para auxiliar na concepção e desenvolvimento de famílias de produtos e das suas variantes.

Abordagem e referência	Descrição
<i>Concept Exploration Method for Product Family Design</i> (PPCEM) Simpson (1998)	Método, composto por cinco passos, aplicável ao projecto de famílias de produtos assentes em plataformas escaláveis, aquelas em que as variantes que dela derivam se diferenciam por factores de escala inerentes aos elementos de solução, tais como: diferentes dimensões, pesos, intensidades de corrente, potência, entre outros. A variedade de factores de escala reflecte a capacidade de satisfazer a amplitude de diferentes requisitos dos clientes. A abordagem de Projecto Robusto (<i>Robust Design</i>) é incorporada no método com o objectivo de maximizar a consistência do desempenho funcional, independentemente das variantes e, portanto, do(s) factor(es) de escala.
Informação genérica de plataforma para famílias de produtos Sivard (2000)	Modelação da concepção e desenvolvimento de plataformas e famílias de produtos, através da utilização dos princípios da teoria de Projecto Axiomático. O modelo proposto é enquadrado no referencial normativo de representação e partilha de dados de produtos para o sector automóvel ISO 10303-214.
<i>Design for Variety</i> (Martin e Ishii, 2002)	Abordagem que propõe a determinação de um Índice de Variedade Geracional (GVI) e de um Índice de Acoplamento (CI) para os diferentes componentes da plataforma. O GVI é um indicador que mede a probabilidade de o componente ter que vir a ser reconcebido em virtude de alterações aos requisitos do mercado e/ou de outros factores externos. O CI é um indicador sobre a intensidade da interacção entre os componentes. Calculados ambos os índices, são tomadas decisões relativas à arquitectura da plataforma, em termos de normalização e modularização dos componentes, que minimize a necessidade de futuras reconcepções. A metodologia foi desenvolvida para o caso de produtos físicos e para conceitos maduros de produto.
Desenvolvimento de plataformas com base na maturidade e morfologia do produto Yang <i>et al.</i> (2005)	Método, constituído por cinco passos, para efectuar a concepção e desenvolvimento de plataformas de produtos, independentemente da natureza destes (e.g. <i>software</i> e serviços são considerados sistemas intangíveis, ao contrário dos produtos físicos) e do tipo de inovação envolvido (quanto maior a maturidade do conceito de referência para a plataforma, menor o grau de novidade a introduzir).
Avaliação multicritério de plataformas Otto e Hölltä (2007)	Técnica que permite avaliar conceitos alternativos para seleccionar o conceito de referência para a plataforma a desenvolver. Utiliza 19 critérios avaliativos, agrupados em torno de seis categorias: (1) satisfação dos clientes; (2) variedade; (3) pós-venda; (4) organização; (5) flexibilidade; (6) complexidade. Sugere um conjunto completo de métricas para ajudar à tomada de decisão.
Projecto da plataforma do produto motivado pelas necessidades dos clientes Stone <i>et al.</i> (2008)	Método composto por três etapas principais, cada uma contendo um conjunto de actividades e objectivos concretos. A primeira delas inclui a recolha, interpretação e tipificação das necessidades dos clientes. Na segunda etapa, a partir do conhecimento sobre quais as necessidades nucleares e as diferenciadoras, são derivados modelos funcionais para a plataforma base (utilizando as necessidades nucleares, transversais aos diferentes tipos de clientes) e para blocos/módulos de elementos de solução diferenciadores (com base nas necessidades diferenciadoras). Na última etapa é desenvolvida a arquitectura da plataforma, dos módulos diferenciadores que dão origem às variantes e à sua integração global. O método é aplicável ao planeamento de novas variantes da família de produtos e à reconcepção, ou concepção de raiz, da plataforma comum a uma ou mais família de produtos.

Apêndice III

Sinergias e relações entre o Seis Sigma e o referencial normativo ISO 9001, com base na revisão da literatura

Apêndice III. Sinergias e relações entre o Seis Sigma e o referencial normativo ISO 9001, com base na revisão da literatura

III.1. Sinergias de integração entre o Seis Sigma e a norma ISO 9001

Quadro III.1 – Sinergias de integração entre o Seis Sigma e o referencial ISO 9001 identificadas pela literatura.

Sinergias de integração	Referências
Projectos Seis Sigma realizados de acordo com o mapa DMAIC são uma das formas pelas quais a melhoria contínua do SGQ pode ser alcançada.	Warnack (2003), Snee e Hoerl (2003), Gupta (2004), Lupan <i>et al.</i> , (2005), Bewoor e Pawar (2010).
A descrição individual dos processos-chave do SGQ e suas interações mútuas fornecem informação analítica relevante para a realização de projectos Seis Sigma, especialmente quando estão envolvidos vários processos ou processos transversais.	Pfeifer <i>et al.</i> (2004).
O Seis Sigma incorpora o modelo BPM (<i>Business Process Management</i>) e fornece as técnicas/ferramentas necessárias à gestão dos processos-chave do SGQ, nomeadamente para o seu mapeamento, planeamento das operações, medição e monitorização, melhoria e controlo.	Snee e Hoerl (2003), McCarty <i>et al.</i> (2004), Shahabuddin (2008), Conger (2010).
As auditorias internas ao SGQ possibilitam a identificação de oportunidades de melhoria, portanto de potenciais projectos Seis Sigma.	Pfeifer <i>et al.</i> (2004), Gupta (2004), Bewoor e Pawar (2010).
O âmbito das auditorias internas pode ser expandido de modo a incluir uma avaliação sistemática e independente ao próprio sistema Seis Sigma.	Warnack (2003), Lupan <i>et al.</i> (2005), Bewoor e Pawar (2010).
Auditorias internas de conformidade podem ser realizadas na fase de <i>Control</i> dos projectos DMAIC e/ou a projectos Seis Sigma já encerrados, de modo a avaliar a eficácia das acções de melhoria e a eficácia dos planos de controlo.	Warnack (2003), Snee e Hoerl (2003), Bewoor e Pawar (2010).
Assegurar o alinhamento entre os objectivos da qualidade e os objectivos e metas definidos para cada projecto Seis Sigma.	Vallejo e Galante (2004), Pfeifer <i>et al.</i> (2004). Bewoor e Pawar (2010).
O processo de revisão do sistema pode incluir a revisão ao programa Seis Sigma da organização e contemplar também a definição e planeamento de acções que visem melhorar a sua eficácia e adequabilidade.	Warnack (2003), Lupan <i>et al.</i> (2005).
Estando definidas as responsabilidades e os níveis de competência para todas as funções do SGQ, conforme requerido pela ISO 9001, e conhecendo as competências existentes, isso permite que, face às competências que é necessário reunir em cada projecto Seis Sigma, seja possível identificar quais as pessoas que devem participar na equipa multidisciplinar do projecto.	Pfeifer <i>et al.</i> (2004), Bewoor e Pawar (2010).
A definição das responsabilidades, autoridades e competências requeridas para todas as funções envolvidas no programa Seis Sigma, auxilia a formalizar a estrutura humana do Seis Sigma no seio de uma organização e a definir as regras a ela inerentes.	Snee e Hoerl (2003).
A comparação entre as competências requeridas, quer nas diferentes funções da estrutura humana do Seis Sigma, quer nos projectos Seis Sigma, e as competências disponíveis permite identificar necessidades de formação relativas às pessoas envolvidas no programa Seis Sigma.	Vellajo e Galante (2004), Pfeifer <i>et al.</i> (2004)
Uniformização de métricas usadas na avaliação dos resultados dos projectos Seis Sigma e sua ligação aos indicadores dos processos-chave do SGQ.	Pfeifer <i>et al.</i> (2004), Gupta (2004).
A utilização lógica, estruturada e faseada de um conjunto de técnicas e ferramentas, fornecidas pelo Seis Sigma, permitem implementar e gerir o SGQ com base em factos, e satisfazer o requisito relativo à análise de dados.	Gupta (2004), Lupan <i>et al.</i> (2005).
Os procedimentos sobre gestão de documentos e de registos do SGQ fornecem um suporte útil à gestão dos documentos e registos usados ou gerados nos projectos Seis Sigma, incluindo os resultados desses projectos.	Snee e Hoerl (2003), Pfeifer <i>et al.</i> (2004).
Permite que o âmbito do sistema documental do SGQ possa ser alargado, de modo a abranger documentos e registos associados ao sistema Seis Sigma.	Warnack (2003), Bewoor e Pawar (2010).

III.2. Sinergias entre os 8 princípios da qualidade que fundamentam a série de normas ISO 9000 e os elementos fundamentais do Seis Sigma

Quadro III.2 – Relação entre os princípios de gestão da qualidade e as definições encontradas na literatura para descrever o conceito “Seis Sigma”.

Princípios da qualidade	Elementos fundamentais do conceito “Seis Sigma”
Focalização no cliente.	<ul style="list-style-type: none"> • Forte enfoque nas características críticas para a satisfação dos clientes (Black and Revere, 2006). • Estratégia que procura maximizar o valor dos produtos/serviços fornecidos, do ponto de vista do cliente (Truscott, 2003).
Liderança.	<ul style="list-style-type: none"> • O Seis Sigma depende de um comprometimento total por parte da equipa de líderes da organização (Dedhia, 2005). • Os líderes da organização desempenham um papel activo na selecção de projectos Seis Sigma (Pepper e Spedding, 2010).
Envolvimento das pessoas.	<ul style="list-style-type: none"> • Tirar o máximo partido de um programa Seis Sigma exige identificar os melhores colaboradores e assegurar formação de alto nível para todos eles (Harry e Schroeder, 2000). • Todas as actividades de melhoria são desenvolvidas por equipas multidisciplinares de projecto, constituídas por pessoas altamente treinadas, suportadas por um forte envolvimento e comprometimento da equipa de líderes da organização (McCarty <i>et al.</i>, 2004).
Abordagem por processos.	<ul style="list-style-type: none"> • Incorpora os princípios do modelo BPM e um conjunto de técnicas e ferramentas com vista à identificação, documentação, planeamento, melhoria e controlo dos processos de negócio (Conger, 2010). • Para o Seis Sigma, o processo é a unidade básica de melhoria (Yang e El-Haik, 2003).
Abordagem à gestão como um sistema.	<ul style="list-style-type: none"> • A identificação das melhores oportunidades de melhoria, ou seja, de potenciais projectos Seis Sigma, deve ser efectuada atendendo a uma análise de todo o sistema de processos (Nave, 2002). • Os projectos Seis Sigma reconhecem que as alterações introduzidas no processo que está a ser trabalhado tem implicações noutros processos, noutras áreas da organização não abrangidas por esse processo, ou até mesmo noutras organizações (Bremer, 2006).
Melhoria contínua.	<ul style="list-style-type: none"> • Abordagem disciplinada e orientada por uma lógica de projectos com o objectivo de reduzir a variabilidade, remover defeitos e eliminar desperdícios em produtos, processos e transacções (Montgomery e Woodall, 2008). • Abordagem em que a melhoria é efectuada projecto a projecto (Bendell, 2005). • Fornece métodos sistemáticos e disciplinados para a melhoria de processos e para o desenvolvimento de novos produtos/serviços (Linderman <i>et al.</i>, 2003).
Tomada de decisões com base em factos.	<ul style="list-style-type: none"> • Adopta uma estratégia em que a tomada de decisões é guiada pelos dados (Kwak e Anbari, 2006). • Apoia-se numa abordagem em que a gestão é orientada por dados factuais, gerados pela existência de um eficaz e equilibrado sistema de medição (Park, 2003). • Promove o pensamento estatístico (Goh, 2002).
Relações mutuamente benéficas com fornecedores.	<ul style="list-style-type: none"> • O Seis Sigma requer o estabelecimento de um eficaz sistema de comunicação com os fornecedores (Shahabuddin, 2008). • O sucesso de um programa Seis Sigma depende em grande medida da capacidade de estender as boas práticas aos principais fornecedores (Bañuelas e Antony, 2002).

Apêndice IV

**Enquadramento das técnicas e ferramentas
habitualmente utilizadas em projectos Seis
Sigma, independentemente da categoria de
projecto, com as cláusulas e subcláusulas da
norma ISO 9001**

Apêndice IV. Enquadramento das técnicas e ferramentas habitualmente usadas em projectos Seis Sigma, independentemente da categoria de projecto, com as cláusulas e subcláusulas da norma ISO 9001

IV.1. Secção 4 – “Sistema de gestão da qualidade”

Quadro IV.1 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 4 da norma ISO 9001.

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
4.1	SIPOC Fluxogramas Diagrama de afinidades Diagrama de interrelações Diagrama de sistemas Matrizes de relações Árvore de CTQCs	Determinar e mapear os processos-chave do SGQ. Mapear de forma detalhada os processos-chave do SGQ e seus subprocessos. Determinar as interações entre os processos-chave. Determinar as interações entre os processos-chave. Analisar as interações dinâmicas entre os processos, com base em vários cenários. Afectar meios, recursos e informação às actividades dos processos-chave, de modo a assegurar a sua operação sob condições controladas. Especificar características de resultados pretendidos e não pretendidos.
4.2.1	Não identificadas	Não identificado.
4.2.2	Não identificadas	Não identificado.
4.2.3	Matrizes de relações Folhas de verificação	Auxiliar a distribuição dos documentos, incluindo documentos externos, pelas funções e áreas do SGQ que deles necessitam. Auxiliar a verificar quais dos documentos controlados, incluindo documentos externos, se mantêm actualizados e aqueles que foram extintos ou estão obsoletos.
4.2.4	Matrizes de relações Folhas de verificação	Auxiliar a distribuição dos registos pelas funções e áreas do SGQ que deles necessitam. Auxiliar a verificar quais dos registos controlados se mantêm actualizados e aqueles que foram extintos ou se encontram obsoletos.

IV.2. Secção 5 – “Responsabilidade da gestão”

Quadro IV.2 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 5 da norma ISO 9001.

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
5.1	Não identificadas.	Não identificado.
5.2	Técnicas/ferramentas para determinar os requisitos dos clientes Técnicas/ferramentas para determinar a percepção dos clientes	Ver 7.2.1, quadro IV.4. Ver 8.2.1, quadro IV.5.

Quadro IV.2 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 5 da norma ISO 9001. (*continuação*)

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
5.3	Não identificadas	Não identificado.
5.4.1	Diagrama de Pareto	Auxiliar na determinação das funções, áreas e níveis mais relevantes dentro da organização.
	Diagrama MECE	Facilitar o estabelecimento de objectivos da qualidade para todas as funções e níveis relevantes da organização.
	5W2H	Definir e comunicar como os objectivos da qualidade podem ser atingidos, ao estabelecer quem (<i>Who</i>) é responsável pelo quê, o que (<i>What</i>) tem que ser feito, quando (<i>When</i>) tem de ser feito, onde (<i>Where</i>) deve ser feito, porque (<i>Why</i>) deve ser feito, como (<i>How</i>) deve ser feito e quanto (<i>How much</i>) custará a implementar.
	<i>Benchmarking</i>	Ajudar a estabelecer objectivos da qualidade com base no conhecimento sobre os níveis de desempenho e boas práticas de organizações concorrentes e/ou <i>Best in Class</i> .
	<i>Hoshin Kanri</i>	Assegurar o alinhamento entre os objectivos da qualidade e os objectivos estratégicos, através de um adequado desdobramento destes últimos.
5.4.2	Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	Converter os requisitos dos clientes, legais e regulamentares em orientações e linhas de acção para o SGQ, identificando, por desdobramentos sucessivos e para todos os níveis organizacionais, as funções e níveis organizacionais relevantes, os processos-chave do SGQ e os recursos necessários para os operar sob condições controladas.
	Análise Modal de Falhas e seus Efeitos de projecto (DFMEA)	Identificar, eliminar ou minimizar potenciais riscos inerentes às funções do SGQ, que possam causar problemas a nível da sua adequabilidade e eficácia no que diz respeito ao cumprimento dos requisitos aplicáveis e dos objectivos estipulados.
	Projecto Axiomático	Identificar e remover atempadamente situações de interdependência/acoplamento de responsabilidades e autoridades entre as diferentes funções e níveis relevantes envolvidas no SGQ, assim como identificar previamente situações de funções e recursos do SGQ desnecessários ou redundantes para a satisfação dos requisitos e concretização dos objectivos.
5.5.1	Matrizes de relações	Comunicar as responsabilidades e autoridades, para cada função e nível relevante do SGQ.
5.5.2	Não identificadas	Não identificado.
5.5.3	<i>Kanban</i>	Através de dispositivos visuais de sinalização, assegurar a disponibilização de informação necessária para apoiar a operação e controlo dos processos.
5.6.1	Não identificadas	Não identificado.
5.6.2	Técnicas e ferramentas de amostragem	Recolher dados representativos sobre o desempenho dos processos e a conformidade dos produtos, que serão alvo de tratamento e análise com vista a serem utilizados no âmbito da revisão do SGQ.

Quadro IV.2 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 5 da norma ISO 9001. (*continuação*)

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
5.6.2	Métodos de estatística descritiva Estudos de capacidade do processo.	Apresentar analítica e visualmente o tratamento dos dados representativos dos resultados do SGQ (relativos à percepção dos clientes, avaliação de fornecedores, desempenho dos processos-chave, conformidade dos produtos), para análise durante a revisão do SGQ. Avaliar a capacidade de os processos de realização do produto assegurarem o cumprimento das especificações relativas às características críticas para a qualidade dos produtos fornecidos. Esta avaliação constitui uma das entradas para a revisão do SGQ.
5.6.3	Não identificadas	Não identificado.

IV.3. Secção 6 – “Gestão de recursos”

Quadro IV.3 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 6 da norma ISO 9001.

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
6.1	Não identificadas	Não identificado.
6.2.1	Matrizes de relações	Facilitar a definição e a comunicação das competências necessárias que o pessoal tem de possuir para desempenhar cada uma das funções do SGQ.
6.2.2	Estudos de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R)	Avaliar a eficácia das acções de formação, analisando se após dada acção de formação ser ministrada se: <ol style="list-style-type: none"> Verifica um aumento significativo na capacidade de cada colaborador desempenhar correcta e consistentemente, de forma repetida, uma mesma tarefa relevante, devendo portanto chegar a conclusões e resultados idênticos. Regista uma melhoria significativa na uniformização do trabalho, entre diferentes colaboradores, quando estes desempenham uma mesma tarefa relevante em condições idênticas, devendo portanto chegar a conclusões e resultados idênticos entre si.
6.3	Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA)	Identificar, eliminar ou minimizar potenciais riscos, associados à infraestrutura, que possam causar falhas no cumprimento dos requisitos aplicáveis, erros na operação dos processos e/ou situações de produto não conforme.
6.4	Projecto Robusto de Taguchi. Metodologia 5S	Identificar e minimizar o impacto dos factores de ruído significativos que influenciam negativamente o ambiente de trabalho. Incutir sentidos de organização e limpeza, de modo a manter um ambiente de trabalho adequado.

IV.4. Secção 7 – “Realização do produto”

Quadro IV.4 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 7 da norma ISO 9001.

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
7.1	Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	Determinar as actividades, recursos, mecanismos de controlo e variáveis dos processos necessários à realização do produto, de modo tal que se possam cumprir as especificações técnicas dos produtos, os requisitos dos clientes, os requisitos estatutários e regulamentares, bem como os objectivos da qualidade relacionados com a realização dos produtos.
	Análise Modal de Falhas e seus Efeitos de processo (PFMEA)	Identificar, eliminar ou minimizar potenciais riscos, inerentes aos processos de realização do produto, que possam pôr em causa o cumprimento dos requisitos e objectivos da qualidade para o produto e outros processos do SGQ.
	Projecto Axiomático	Identificar e remover atempadamente situações de sobreposição/acoplamento de responsabilidades e autoridades entre as diferentes funções envolvidas na operação e controlo dos processos de realização do produto. Estimar o conteúdo de informação relativo aos processos de realização do produto, permitindo aferir sobre a sua capacidade em produzir de acordo com os requisitos ou especificações aplicáveis.
	Fluxograma de valor acrescentado (<i>Value-added flowchart</i>)	Planear e desenvolver os processos de realização do produto procurando maximizar a sua eficiência, identificando e eliminando actividades e tarefas sem valor acrescentado do ponto de vista do cliente interno e/ou externo.
	<i>Value Stream Mapping</i> (VSM)	Visualizar e compreender melhor os fluxos de material e informação que ocorrem ao longo dos processos de realização do produto, permitindo identificar etapas ou áreas onde factores de desperdício se manifestam e, assim, planear os processos de modo a torná-los mais ágeis, flexíveis e eficientes.
7.2.1	Técnicas de auscultação das “vozes” dos clientes (entrevistas, questionários, grupos focalizados, etc.)	Aumentar a capacidade de recolher, analisar e compreender as necessidades e expectativas dos clientes, mesmo aquelas latentes que não são expressas directamente pelos clientes.
	Diagrama de afinidades	Organizar e relacionar os múltiplos requisitos relacionados com o produto, incluindo os estatutários e regulamentares.
	Modelo de Kano	Tipificar os diversos requisitos relacionados com o produto e, deste modo, compreender melhor o seu impacto na satisfação dos clientes.
7.2.2	Estudos de capacidade do processo	Permitir estudar e quantificar a capacidade de os processos de realização do produto conseguirem cumprir os requisitos relacionados com o produto, antes de a organização assumir o compromisso de fornecer o produto aos seus clientes.

Quadro IV.4 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 7 da norma ISO 9001. (*continuação*)

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
7.2.2	Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA)	Antecipar situações para as quais os requisitos especificados para o produto possam ter necessidade de vir a sofrer alterações, possibilitando à organização avaliar se terá capacidade de os cumprir caso tais alterações ocorram.
7.2.3	Não identificadas	Não identificado.
7.3.1	Técnicas e ferramentas de gestão de projectos (gráfico de Gantt, matriz RACI, técnica PERT-CPM)	Auxiliar no planeamento da concepção e desenvolvimento, a nível da programação temporal das actividades, da definição e comunicação de responsabilidades e autoridades, do estabelecimento de objectivos e metas, entre outros.
7.3.2	Técnicas e ferramentas para segmentação de mercado	Identificar segmentos ou grupos de clientes com características distintas entre si, podendo por isso apresentar algumas necessidades e expectativas diferentes relativamente ao produto.
	Técnicas de auscultação das “vozes” dos clientes (entrevistas, questionários, grupos focalizados, etc.)	Aumentar a capacidade para recolher, analisar e compreender as necessidades e expectativas dos clientes relativamente ao produto.
	Tabela de conversão das “vozes” dos clientes	Facilitar a conversão das “vozes” dos clientes em necessidades e expectativas concretas.
	Diagrama de afinidades	Organizar e relacionar o conjunto completo de requisitos aplicáveis ao produto, onde se incluem as necessidades e expectativas dos clientes.
	Modelo de Kano	Tipificar os requisitos do produto para, desse modo, compreender o impacto de cada um na satisfação das necessidades e expectativas dos clientes e então proceder à priorização desses requisitos.
	Desdobramento da Função Qualidade (QFD).	Converter as necessidades dos clientes e outros requisitos para o produto, em características mensuráveis e requisitos de projecto claros e não ambíguos.
	<i>Benchmarking.</i>	Orientar, com base em comparações com produtos concorrentes, o estabelecimento de especificações associadas aos requisitos de projecto para o produto.
	Técnica FAST	Auxiliar a determinar e tipificar os requisitos funcionais para o produto.
7.3.3	Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	Converter os requisitos de projecto em elementos de solução, ou parâmetros de projecto, que permitam satisfazer esses requisitos
	Projecto Axiomático	Determinar os parâmetros de projecto mais adequados à realização dos requisitos funcionais do produto e que satisfaçam os constrangimentos aplicáveis.
	<i>Benchmarking</i>	Auxiliar no estabelecimento de especificações técnicas para os parâmetros de projecto do produto.
7.3.4	Projecto Axiomático	Analisar e rever as decisões conceptuais, procurando cumprir a independência funcional dos requisitos e reduzir a complexidade das soluções propostas.

Quadro IV.4 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 7 da norma ISO 9001. (*continuação*)

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
7.3.4	Teoria da Resolução de Problemas Inventivos (TRIZ)	Reformular ou melhorar as opções conceptuais para o produto, através da resolução de contradições técnicas e/ou físicas.
	Método de Pugh	Avaliar diferentes opções conceptuais para o produto. Incentivar a combinação progressiva de diferentes conceitos de modo a convergir-se, de forma controlada, para uma solução conceptual ideal.
	Análise Modal de Falhas e seus Efeitos de projecto (DFMEA)	Analisar diferentes alternativas conceptuais para o produto, de modo a seleccionar aquelas que minimizem o risco de falhas conceptuais e operacionais.
7.3.5	<i>Design Scorecard</i>	Registrar e analisar um conjunto de dados fundamentais sobre a concepção e desenvolvimento, de modo a verificar os níveis de desempenho alcançados e compará-los com os níveis requeridos.
	Técnicas de simulação	Prever, ajustar e otimizar, com base num modelo matemático validado, o desempenho funcional do produto e a sua capacidade de cumprir os requisitos especificados, simulando um conjunto de valores para as variáveis independentes (associadas aos parâmetros de projecto do produto) do modelo.
	Desenho de Experiências (DOE)	Determinar, por experimentações planeadas, quais os factores controláveis (parâmetros de projecto do produto) e suas interações que provocam alterações significativas no valor médio de uma dada característica crítica para a qualidade do produto. Tal possibilita que se possa prever o nível expectável de desempenho associado a essa característica e optimizá-lo, fazendo variar os níveis/valores desses factores controláveis.
	Projecto Robusto de Taguchi	Determinar, através de experimentações planeadas, quais os melhores níveis dos factores controláveis significativos, associados aos parâmetros de projecto do produto, que minimizam os efeitos dos factores de ruído sobre o desempenho funcional do produto.
7.3.6	Estudos de capacidade do processo	Confirmar, após ter-se assegurado a estabilidade dos processos de realização do produto, a capacidade destes em conseguirem cumprir as especificações associadas aos requisitos de projecto do produto.
	<i>Design Scorecard</i> .	Registrar e analisar um conjunto de dados e informações fundamentais sobre os resultados alcançados nos testes-piloto finais que permitem validar o produto final e a lançá-lo no mercado.
	Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA)	Identificar potenciais riscos, através de testes-piloto e/ou ensaios a protótipos, de modo a efectuar os necessários ajustes para minimizar/eliminar os riscos operacionais do produto final e poder validá-lo.
7.3.7	Projecto Axiomático	Facilitar a tomada de decisões conceptuais em caso de alterações ao conjunto de requisitos funcionais para o produto, bem como permitir avaliar o efeito que alterações às decisões conceptuais, que tenham que ser tomadas, terão no produto já entregue.

Quadro IV.4 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 7 da norma ISO 9001. (*continuação*)

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
7.3.7	Técnicas de simulação	Prever, de forma rápida e económica, as implicações no desempenho funcional em caso de alterações às decisões de concepção e desenvolvimento, permitindo que se possa validar ou não essas alterações.
7.4.1	Técnicas e ferramentas de amostragem	Verificar o produto comprado por inspecção amostral, permitindo inferir sobre a aceitação/rejeição do lote com base nos resultados da(s) amostra(s).
	Testes de hipóteses	Determinar se as características críticas para a qualidade do produto comprado estão conforme o especificado na requisição de compra.
	Estudos de capacidade do processo	Avaliar os fornecedores em termos da sua aptidão, ou capacidade, para conseguirem cumprir os requisitos de compra especificados.
7.4.2	Não identificadas	Não identificado.
7.4.3	Diagrama de Pareto	Determinar a criticidade (ou grau de importância) dos bens e serviços adquiridos a fornecedores para a qualidade do produto final, permitindo, desse modo, definir níveis de exigência distintos para as actividades de verificação e inspecção dos produtos comprados, consoante essa criticidade.
7.5.1	Controlo Estatístico do Processo (SPC)	Assegurar a realização do produto sob condições controladas através da estabilidade dos processos.
	Estudos de capacidade do processo	Assegurar a monitorização da capacidade dos processos de produção e fornecimento do serviço.
	Análise do sistema de medição (MSA)	Avaliar a capacidade de um sistema de medição (onde se incluem os equipamentos de medição e monitorização, o pessoal técnico, as condições ambientais, métodos de medição, entre outros factores) para assegurar a fiabilidade das medições feitas durante as actividades de controlo da produção e de fornecimento do serviço.
	Fluxogramas	Disponibilizar informação objectiva e clara, incluída em procedimentos e/ou instruções de trabalho, necessária à realização do produto e fornecimento do serviço sob condições controladas.
	<i>Kanban</i>	Assegurar o controlo e regulação dos fluxos de produção e de fornecimento do serviço através de dispositivos de sinalização visual.
	Metodologia 5S	Promover os sentidos de organização, responsabilidade e de auto-disciplina, com vista a que a operacionalização dos processos de realização do produto se faça sob condições controladas.
	<i>Single Minute Exchange of Dies</i> (SMED)	Assegurar o ajuste rápido, controlado e eficaz da produção à mudança dos lotes de produtos a serem processados.
7.5.2	Técnicas e ferramentas de amostragem	Validar os resultados do processo, com base em amostra(s) representativa(s), quando a única possibilidade de verificar, na totalidade, a qualidade do produto for feita por meio de ensaios destrutivos.

Quadro IV.4 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 7 da norma ISO 9001. (*continuação*)

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
7.5.2	Técnicas de simulação	Prever e validar o desempenho funcional do produto, simulando as condições em que o produto irá operar durante o seu tempo útil de vida.
	Técnicas e ferramentas de amostragem	Validar os resultados do processo, com base em amostra(s) representativa(s), quando a única possibilidade de verificar na totalidade a qualidade do produto for feito por meio de ensaios destrutivos.
	Técnicas de simulação	Prever e validar o desempenho funcional do produto, simulando as condições em que o produto irá operar durante o seu tempo útil de vida.
7.5.3	<i>Kanban</i>	Permitir a identificação visível e inequívoca de um produto e/ou lote de produtos ao longo de todo o fluxo produtivo.
7.5.4	Técnicas e ferramentas de amostragem	Verificar, por amostragem, a integridade da propriedade do cliente e a preservação das suas características intrínsecas mensuráveis.
7.5.5	<i>Poka-Yoke</i>	Promover a utilização de mecanismos que impeçam ou previnam a ocorrência de erros que coloquem em causa a preservação da conformidade do produto ao longo da produção e fornecimento do serviço.
7.6	Análise do sistema de medição (MSA)	Minimizar os erros sistemáticos e aleatórios do sistema de medição.

IV.5. Secção 8 – “Medição, análise e melhoria”

Quadro IV.5 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 8 da norma ISO 9001.

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
8.1	Não identificadas	Não identificado.
8.2.1	SERVQUAL	Medir as percepções e expectativas dos clientes sobre o serviço prestado, relativamente a um conjunto abrangente e completo de tópicos, dispostos em torno de cinco dimensões da qualidade nos serviços.
	Entrevistas presenciais	Compreender de forma qualitativa, interagindo de perto com um conjunto representativo de clientes, a percepção destes acerca da capacidade de a organização ir ao encontro das suas necessidades e expectativas. Permitir ainda recolher informação reveladora de necessidades latentes que podem constituir oportunidades de melhoria para o SGQ.
	Diagrama de afinidades	Estruturar e organizar a informação, oriunda de reclamações e sugestões, facilitando o cruzamento e a interpretação dessa informação.

Quadro IV.5 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 8 da norma ISO 9001. (*continuação*)

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
8.2.1	<i>Benchmarking</i>	Recolher informação sobre qual a percepção dos clientes acerca da organização e dos produtos por ela disponibilizados, comparativamente com a percepção que os clientes têm sobre organizações concorrentes e a qualidade dos seus produtos.
8.2.2	Técnicas e ferramentas de amostragem	Aumentar a eficácia do planeamento das auditorias internas, assegurando a representatividade dos dados a recolher durante a realização da auditoria.
8.2.3	Controlo Estatístico do Processo (SPC)	Monitorizar estatisticamente a estabilidade dos processos do SGQ, controlando as variáveis-chave de entrada e saída desses processos.
	Estudos de capacidade do processo	Medir e monitorizar a capacidade de os processos do SGQ operarem e produzirem resultados conforme o planeado, cumprindo desse modo os requisitos aplicáveis.
	Estudos do rendimento dos processos	Monitorizar a probabilidade do conjunto de processos do SGQ, de um determinado processo do SGQ, ou até de uma parte de um processo do SGQ, produzir(em) em conformidade com todos os requisitos aplicáveis.
	Diagrama de Pareto	Determinar quais as situações mais frequentes de não cumprimento dos requisitos aplicáveis ou dos resultados planeados para os processos do SGQ.
	Testes de hipóteses	Concluir se determinado resultado alcançado, por um ou mais processos do SGQ, vai de encontro ao planeado ou objectivado.
	<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	Captar a informação sobre o fluxo dos processos do SGQ, permitindo medir e monitorizar métricas importantes, como sejam o tempo médio de ciclo ou a eficiência desses processos.
8.2.4	Desenho de Experiências (DOE)	Avaliar os resultados obtidos relativamente a uma ou mais características críticas para a qualidade do produto, com o propósito de os validar por comparação com os resultados pretendidos.
	Estudos de capacidade do processo	Monitorizar, em pontos-chave dos processos, os valores das características críticas para a qualidade dos produtos, determinando assim a aptidão para se conseguirem cumprir as especificações estabelecidas e, deste modo, garantir a conformidade dos produtos.
	Diagrama de Pareto	Determinar os defeitos, ou não conformidades, que ocorrem com maior frequência.
	Testes de hipóteses	Avaliar a conformidade do produto em relação a uma determinada característica crítica para a qualidade, comparando os resultados atingidos com os resultados objectivados.
8.3	Técnicas e ferramentas de amostragem	Detectar atempadamente ao longo do processo, com base em dados recolhidos através de amostragem, produtos e/ou lotes de produto não conforme.

Quadro IV.5 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 8 da norma ISO 9001. (*continuação*)

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
8.3	<i>Poka-Yoke</i>	Detectar e/ou corrigir atempadamente a ocorrência de não conformidades no produto antes que estas se manifestem ou antes que esse produto seja entregue ao cliente, interno e/ou externo.
	Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA)	Identificar, eliminar ou minimizar potenciais riscos relacionados com a não detecção atempada de não conformidades no produto e potenciais riscos relativos à possibilidade de produto não conforme poder ser indevidamente fornecido ao cliente.
8.4	Técnicas/ferramentas para determinar, recolher e analisar dados e informações relativos aos clientes	Ver 8.2.1 neste quadro.
	Técnicas/ferramentas para determinar, recolher e analisar dados e informações relativos à conformidade do produto	Ver 8.2.4 neste quadro.
	Técnicas/ferramentas para determinar, recolher e analisar dados relativos às características e tendências dos processos	Ver 8.2.3 e 8.2.4 neste quadro.
	Técnicas/ferramentas para determinar, recolher e analisar dados e informações relativos ao desempenho dos fornecedores	Ver 7.4 neste quadro.
8.5.1	Conjunto de técnicas e ferramentas utilizadas de forma articulada ao longo de projectos Seis Sigma, sejam eles executados ao longo do DMAIC ou de DFSS (mapa DMADV, ICOV ou outro)	Assegurar a melhoria contínua do SGQ.
8.5.2	Diagrama de Ishikawa	Identificar um leque alargado de potenciais causas para o problema ou não conformidade verificada.
	Matriz de causa-efeito	Priorizar, de entre um leque de potenciais causas, aquelas que se crê mais contribuir para o problema ou não conformidade. É geralmente utilizada para uma triagem inicial do leque alargado de potenciais causas.
	Diagrama de Pareto	Determinar, de entre as múltiplas potenciais causas, aquelas (poucas) que ocorrem com maior frequência e, por isso, deverão ser priorizadas.
	Diagrama “esparguete”	Analisar a adequabilidade da disposição física de um dado espaço face aos fluxos e deslocações de pessoal que aí ocorrem, permitindo identificar oportunidades que racionalizem essa disposição e/ou os percursos e fluxos.
	<i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	Identificar e eliminar constrangimentos e factores de desperdício, ao longo dos processos do SGQ, que penalizem a sua eficiência, podendo a partir daí definir-se acções de melhoria actuando na resolução desses constrangimentos e factores de desperdício.

Quadro IV.5 – Enquadramento das técnicas e ferramentas, utilizadas nas metodologias do Seis Sigma, nas cláusulas e subcláusulas, referentes à secção 8 da norma ISO 9001. (*continuação*)

Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como metodologia – Técnicas e ferramentas aplicáveis	Papel desempenhado pelas técnicas e ferramentas no contexto de um SGQ baseado na ISO 9001
8.5.2	Técnicas de regressão	Determinar a relação matemática de causa-efeito entre um conjunto de variáveis-chave de entrada (ou factores controláveis) de um processo do SGQ e uma dada característica crítica para a qualidade, ou variável-chave de saída, desse processo.
	Análise de Variância (ANOVA)	Determinar quais as causas significativas que conduzem ao problema ou não conformidade detectada, estudando o efeito que um conjunto de variáveis-chave de entrada, ou factores controláveis, têm sobre o valor da característica crítica para a qualidade que mede o desempenho do produto ou do processo do SGQ.
	Cinco Porquês (5 <i>Whys</i>)	Auxiliar na identificação das causas-raiz do problema ou não conformidade, a partir do conhecimento sobre as causas significativas.
	5W2H	Auxiliar a estabelecer, gerir e comunicar as actividades e os objectivos inerentes ao desenvolvimento de um plano de melhoria que vise eliminar, ou minimizar, o efeito das causas-raiz significativas no desempenho do SGQ, seus processos e/ou na conformidade do produto.
	Técnicas de simulação	Determinar, com base num modelo matemático validado, os melhores níveis ou valores dos factores controláveis (associados às causas-raiz significativas) que permitem otimizar o desempenho de um produto ou processo do SGQ, relativamente a uma sua característica crítica para a qualidade.
	Desenho de Experiências (DOE)	Determinar, com base num conjunto planeado de experiências, os melhores níveis ou valores dos factores controláveis (associados às causas-raiz significativas) que permitem otimizar o desempenho de um produto ou processo do SGQ, relativamente a uma sua característica crítica para a qualidade.
8.5.3	<i>Poka-Yoke</i>	Prevenir a ocorrência e/ou propagação de erros ou não conformidades, através de mecanismos direccionados para anular o efeito negativo provocado pela causa-raiz do problema previamente identificada.
	Análise Modal de Falhas e seus Efeitos de processo (PFMEA)	Identificar, eliminar ou minimizar potenciais riscos, inerentes aos processos do SGQ, que possam colocar em causa o cumprimento dos requisitos aplicáveis e dos objectivos da qualidade estipulados, através da definição e implementação de acções preventivas e monitorização da sua eficácia.

Apêndice V

**Integração do Seis Sigma com a ISO 9001,
utilizando os assuntos principais e elementos
comuns aos referenciais de gestão constantes
do ISO Guide 72:2001**

Apêndice V. Integração do Seis Sigma com a ISO 9001, utilizando os assuntos principais e elementos comuns aos referenciais de gestão constantes do ISO Guide 72:2001

V.1. Assunto principal “Política”

Quadro V.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Política e princípios	4.1	<ul style="list-style-type: none"> • O Seis Sigma incorpora o modelo de gestão dos processos de negócio BPM (<i>Business Process Management</i>), o qual pode ser adoptado na gestão dos processos-chave do SGQ. • A técnicas e ferramentas associadas ao modelo BPM, permitem: <ol style="list-style-type: none"> a) Identificar os processos-chave do SGQ. b) Determinar as interações entre os processos-chave. c) Mapear cada um dos processos-chave. d) Planear a operação e controlo dos processos-chave. e) Analisar o fluxo e desempenho dos processos-chave. f) Melhorar o funcionamento dos processos-chave.
	5.1	<ul style="list-style-type: none"> • A gestão de topo deve demonstrar o seu comprometimento no desenvolvimento e implementação de um programa Seis Sigma na organização, na melhoria contínua da sua eficácia, bem como ainda na sua integração com o SGQ baseado na norma ISO 9001. • A demonstração desse comprometimento pode ser evidenciada pelo facto de a gestão de topo: <ol style="list-style-type: none"> a) Comunicar à organização o papel e a importância que o programa Seis Sigma assume para o incremento da satisfação das necessidades e expectativas dos clientes e para assegurar o cumprimento dos requisitos estatutários, legais e regulamentares. b) Comunicar à organização o papel que o programa Seis Sigma tem no seio do SGQ e a sua relevância para a concretização dos objectivos da qualidade. c) Incluir referência(s) ao programa Seis Sigma na Política da Qualidade por ela estabelecida. d) Assegurar a coerência entre os objectivos delineados para os projectos Seis Sigma e os objectivos da qualidade. e) Conduzir a revisão pela gestão, que inclui a revisão ao programa Seis Sigma. f) Assegurar uma infraestrutura, níveis de formação e a disponibilidade dos recursos adequados.
	5.3	<ul style="list-style-type: none"> • Para uma efectiva integração, a Política da Qualidade definida pela gestão de topo deve conter: <ol style="list-style-type: none"> a) O comprometimento em assegurar a eficácia e adequabilidade do programa Seis Sigma e a sua integração com o SGQ, bem como em melhorá-las continuamente. b) Um enquadramento claro sobre o papel que o programa Seis Sigma desempenha no seio do SGQ. c) Linhas de orientação que permitam definir critérios a utilizar na avaliação e selecção de potenciais projectos Seis Sigma.

V.2. Assunto principal “Planeamento”

Quadro V.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas	5.2, 7.2.1	<ul style="list-style-type: none"> O processo de auscultação e tratamento das “vozes” dos clientes, frequentemente usado em projectos de DFSS, mas por vezes também em projectos DMAIC, podem auxiliar a organização a determinar as necessidades e expectativas dos clientes, e de outras partes interessadas, relativamente aos seus produtos. A organização deve determinar os requisitos relacionados com o produto, a partir do conhecimento das necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas relevantes. Características críticas para a qualidade (CTQCs), com as respectivas definições operacionais, devem ser definidas e estar associadas a esses requisitos, assim como aos requisitos legais e regulamentares aplicáveis. Tal procedimento permitirá que os projectos Seis Sigma, ao centrarem-se na redução da variabilidade dos processos relativamente a essas CTQCs, contribuam para a melhoria contínua do SGQ.
	7.2.2	<ul style="list-style-type: none"> A análise da capacidade dos processos, através da determinação do Nível Sigma e/ou dos índices de capacidade, auxilia a organização a aferir se tem a aptidão necessária para cumprir os requisitos relacionados com o produto. A utilização de técnicas de análise de risco, contidas no lote de técnicas e ferramentas das metodologias do Seis Sigma, permite determinar antecipadamente quais os requisitos do produto que poderão vir a sofrer alterações. Caso esses requisitos sejam alterados, a organização deve realizar estudos de capacidade para determinar a sua aptidão para os satisfazer de forma adequada.
	5.4.1, 5.4.2	<ul style="list-style-type: none"> Devem ser estabelecidos objectivos da qualidade para os requisitos relacionados com o produto, consistentes com as CTQCs definidas. Tal procedimento assegurará que os objectivos da qualidade são mensuráveis.
Seleção de questões importantes a serem abordadas	5.2, 5.4.1 7.2.1	<ul style="list-style-type: none"> A identificação dos processos-chave do SGQ, o conhecimento sobre as necessidades dos clientes e dos requisitos legais e regulamentares, ou ainda a definição de objectivos da qualidade para todos os níveis e funções relevantes, dentro da organização, permitem delimitar os processos, operações e áreas funcionais do SGQ onde o desenvolvimento de acções de controlo e de melhoria é mais premente, sendo aí que a identificação de potenciais projectos Seis Sigma deverá incidir.
	5.4.1	<ul style="list-style-type: none"> A organização deve comparar os resultados alcançados em todos os seus níveis e funções com os objectivos da qualidade estabelecidos, no sentido de identificar potenciais projectos Seis Sigma.
	5.4.2	<ul style="list-style-type: none"> As decisões relativas ao planeamento do SGQ facilitam a definição de critérios para proceder à avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma identificados, com o intuito de seleccionar os mais promissores para a melhoria do SGQ.

Quadro V.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Definição de objectivos e metas	5.4.1	<ul style="list-style-type: none"> • O adequado alinhamento entre os objectivos da qualidade definidos no âmbito do SGQ e os objectivos delineados para os projectos Seis Sigma deve ser assegurado. • Os resultados e níveis de melhoria alcançados, decorrentes da realização de projectos Seis Sigma, fornecem informação quantitativa para a revisão periódica dos objectivos da qualidade do SGQ, atendendo aos novos níveis de desempenho.
Identificação de recursos	6.1	<ul style="list-style-type: none"> • A organização deve determinar e proporcionar a infraestrutura e os recursos necessários e adequados para: <ul style="list-style-type: none"> a) Implementar, manter e melhorar a eficácia e adequabilidade do programa Seis Sigma e a sua integração com o SGQ baseado na norma ISO 9001. b) Assegurar a contribuição dos projectos Seis Sigma seleccionados para a melhoria contínua do SGQ. c) Garantir a eficácia das fases de planeamento, realização e pós-projecto dos projectos Seis Sigma seleccionados.
Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades	5.5.2	<ul style="list-style-type: none"> • A gestão de topo deve designar um membro da gestão, que pertença ou reporte directamente a ela, com a responsabilidade e autoridade para coordenar o programa Seis Sigma. Esse elemento é normalmente designado de “<i>Champion</i>”. • Os papéis e responsabilidades inerentes à função de <i>Champion</i>, conferem-lhe características que a equiparam a uma função de representante da gestão de topo para o sistema Seis Sigma. Deste modo, numa abordagem integrada, um representante da gestão para o SGQ e a função de <i>Champion</i> podem ser delegados numa mesma pessoa.
	5.5.1	<ul style="list-style-type: none"> • A gestão de topo deve definir a estrutura humana para o sistema Seis Sigma, incluindo as funções, a ela inerentes, que melhor se enquadrem à realidade e necessidades da organização. • A gestão de topo deve definir e comunicar adequadamente os papéis, responsabilidades e autoridades para cada função inserida na estrutura humana do Seis Sigma.
Planeamento dos processos operacionais	7.1	<ul style="list-style-type: none"> • A metodologia de DFSS, dirigida para a morfologia de processo, pode ser utilizada para conceber e desenvolver os processos necessários ao SGQ e planear a sua operacionalização. • As acções de melhoria definidas na fase de <i>Improve</i> de um projecto DMAIC, cujo âmbito incida na melhoria de um ou mais processos de realização do produto, devem ser coerentes com as decisões tomadas, no seio do SGQ, relativamente ao planeamento da realização do produto. • As acções de melhoria definidas na fase de <i>Improve</i> de um projecto DMAIC, cujo âmbito incida na melhoria de um ou mais processos de realização do produto, devem atender à política e aos objectivos da qualidade estabelecidos no seio do SGQ.
Preparação de contingência para eventos previsíveis	8.3	<ul style="list-style-type: none"> • Planos de controlo, habitualmente usados na fase de <i>Control</i> do DMAIC, podem ser desenvolvidos para detectar e corrigir atempadamente, sempre que possível, situações de produto não conforme, evitando desse modo que seja entregue produto ao cliente que não cumpra os requisitos aplicáveis.

V.3. Assunto principal “Implementação e operação”

Quadro V.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Controlo operacional	7.2, 7.5	<ul style="list-style-type: none"> A institucionalização de planos de controlo, um instrumento habitualmente usado na fase de <i>Control</i> do DMAIC, permite que se acompanhe o comportamento das variáveis-chave de entrada (KPIV – <i>Key process input variables</i>) e de saída (KPOV – <i>Key process output variables</i>) dos processos de realização do produto e, deste modo, que se detectem e corrijam atempadamente desvios significativos nos valores ou atributos requeridos para essas variáveis. As KPOVs são também conhecidas por características críticas para a qualidade (CTQCs).
	7.3	<ul style="list-style-type: none"> A metodologia de DFSS, independentemente do mapa usado, pode ser adoptada como processo de concepção e desenvolvimento de uma organização, inserido no âmbito do seu SGQ.
	7.4	<ul style="list-style-type: none"> A utilização de métricas do Seis Sigma, como é o caso do Nível Sigma, permite efectuar a avaliação dos fornecedores no que se refere à capacidade destes em cumprir os requisitos da compra. As abordagens de controlo estatístico da qualidade, também usadas no âmbito do Seis Sigma, podem apoiar as actividades de inspecção e verificação do produto comprado.
	7.6	<ul style="list-style-type: none"> Para além da necessidade de assegurar que qualquer equipamento de monitorização e medição (EMM) está apto a fornecer resultados de medições válidos no seio das actividades de controlo operacional dos processos, a organização deve também analisar se os sistemas de medição, onde esses EMMs intervêm, possuem a exactidão, fidelidade e resolução necessárias para assegurar a confiança das medições efectuadas aos valores das KPIVs e CTQCs durante o controlo de processos e produtos. O processo de MSA (<i>Measurement System Analysis</i>), frequentemente aplicado na fase de <i>Measure</i> do DMAIC, permite efectuar essa análise aos sistemas de medição.
Gestão de recursos humanos	6.2	<ul style="list-style-type: none"> A organização deve definir os níveis de competência requeridos, incluindo as certificações e formação específica necessárias, para todas as funções que compõem a estrutura humana do seu programa Seis Sigma, para além daquelas definidas para as funções relevantes do SGQ. A organização deve assegurar e demonstrar, mantendo os registos necessários para tal, que as pessoas afectas a cada uma das funções da estrutura humana do programa Seis Sigma cumprem os requisitos de competência estabelecidos. As necessidades de formação das pessoas envolvidas no programa Seis Sigma, incluindo daquelas que desempenham funções no âmbito do SGQ e que podem participar na realização de projectos Seis Sigma enquanto membros de equipa, devem ser identificadas com o objectivo de que todas as competências necessárias sejam atingidas. A avaliação da eficácia das acções de formação, ministradas para aumentar as competências das pessoas directa e indirectamente envolvidas no programa Seis Sigma, deve ser realizada.

Quadro V.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Gestão de outros recursos	6.3, 6.4	<ul style="list-style-type: none"> • A identificação de factores de ruído significativos que influenciem negativamente o ambiente de trabalho, bem como o desenvolvimento de medidas que minimizem o seu impacto podem ser efectuados através da utilização de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, nomeadamente as abordagens de Projecto Técnico Robusto de Taguchi e a Análise Modal de Falhas e seus Efeitos. • A organização deve determinar, proporcionar e manter a infraestrutura necessária para assegurar o adequado funcionamento do programa Seis Sigma e dos projectos realizados. Essa infraestrutura pode incluir, entre outros: <ul style="list-style-type: none"> a) Equipamento de apoio, incluindo <i>software</i>, para auxiliar na recolha, análise e interpretação de dados. b) Laboratórios ou outro tipo de espaços onde sejam realizadas actividades de experimentação. c) Salas e outros espaços onde as equipas multidisciplinares de projecto realizem o seu trabalho.
Documentação e seu controlo	4.2.3, 4.2.4	<ul style="list-style-type: none"> • O controlo do conjunto de documentos e registos gerados durante as actividades de identificação, avaliação, selecção, planeamento e realização de projectos Seis Sigma, bem como naquelas que têm lugar no pós-projecto, deve ocorrer de acordo com o estipulado nos procedimentos do SGQ sobre controlo de documentos e controlo de registos.
	4.2.2	<ul style="list-style-type: none"> • O Manual da Qualidade deve incluir uma descrição sobre o programa Seis Sigma implementado na organização e sobre o modo como este interage com o SGQ.
Comunicação	5.5.3	<ul style="list-style-type: none"> • Os processos de comunicação interna estabelecidos para o SGQ, devem também assegurar a eficácia da comunicação entre as diferentes funções da estrutura humana do sistema Seis Sigma e entre estas e os outros níveis e funções da organização. • Os processos de comunicação interna estabelecidos para o SGQ, devem ainda garantir a eficácia da comunicação entre os membros das equipas dos projectos Seis Sigma e entre estes e os outros níveis e funções da organização. • Os processos de comunicação devem permitir confirmar que a transferência de conhecimento, boas práticas e lições aprendidas, actividades que decorrem na fase de pós-projecto, se efectuam eficazmente, de modo a contribuir para a melhoria contínua do programa Seis Sigma e do SGQ. • Os processos de comunicação com o exterior, institucionalizados no âmbito do SGQ, devem fornecer um suporte eficaz para contactar e envolver os clientes e outras partes interessadas, sempre que necessário, nos diferentes estádios de um projecto Seis Sigma.
Relacionamento com fornecedores e subcontratados	7.4	<ul style="list-style-type: none"> • A organização deve identificar quais os bens adquiridos e serviços contratados que têm impacto no cumprimento das definições operacionais associadas às características críticas para a qualidade (CTQCs) do produto.

Quadro V.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Relacionamento com fornecedores e subcontratados	7.4	<ul style="list-style-type: none"> • Relativamente aos bens/serviços adquiridos que têm um impacto significativo sobre as CTQCs do produto, a organização deve estabelecer acções de verificação/inspecção que lhe permitam concluir sobre a conformidade do produto comprado face às especificações que constam da respectiva ordem de compra. • A organização deve avaliar e seleccionar os fornecedores de bens/serviços adquiridos, com impacto significativo nas CTQCs do produto, atendendo à sua capacidade em cumprir, de forma consistente e continuada, as especificações de compra. • A organização deve envolver e, se possível, estender o seu programa Seis Sigma aos fornecedores dos bens/serviços que têm impacto nas CTQCs associadas ao produto. A organização deve ainda assegurar que os canais e processos de comunicação com estes fornecedores são eficazes. • A organização deve identificar quais os bens adquiridos e serviços contratados que têm impacto no cumprimento das definições operacionais associadas às características críticas para a qualidade (CTQCs) do produto. • Relativamente aos bens/serviços adquiridos que têm um impacto significativo sobre as CTQCs do produto, a organização deve estabelecer acções de verificação/inspecção que lhe permitam concluir sobre a conformidade do produto comprado face às especificações que constam da respectiva ordem de compra. • A organização deve avaliar e seleccionar os fornecedores de bens/serviços adquiridos, com impacto significativo nas CTQCs do produto, atendendo à sua capacidade em cumprir, de forma consistente e continuada, as especificações de compra. • A organização deve envolver e, se possível, estender o seu programa Seis Sigma aos fornecedores dos bens/serviços que têm impacto nas CTQCs associadas ao produto. A organização deve ainda assegurar que os canais e processos de comunicação com estes fornecedores são eficazes.

V.4. Assunto principal “Avaliação de desempenho”

Quadro V.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Monitorização e medição	8.2.1	<ul style="list-style-type: none"> • Métricas, como o Nível Sigma ou o número de defeitos por milhão de oportunidades (<i>DPMO</i>), entre outras, podem ser utilizadas para medir e monitorizar a evolução dos níveis de satisfação dos clientes relativos a um conjunto de atributos críticos que concorrerem para a sua percepção sobre o produto. • A monitorização de dados e indicadores relevantes, relativos à percepção que diferentes tipos de clientes têm acerca dos bens fornecidos e/ou serviços prestados, é uma das actividades que pode conduzir à detecção de oportunidades de melhoria e/ou inovação e, conseqüentemente, de potenciais projectos Seis Sigma, em virtude de permitir à organização: <ol style="list-style-type: none"> a) Detectar falhas, erros, ou inconsistências na capacidade de satisfazer determinados requisitos dos clientes. b) Compreender a evolução das necessidades dos clientes e antecipar as suas necessidades latentes. c) Comparar a percepção dos clientes face a bens e serviços similares disponibilizados por outras organizações.
	8.1, 8.2.3, 8.2.4	<ul style="list-style-type: none"> • O Seis Sigma utiliza um sistema de medição do desempenho que, através da recolha de um conjunto representativo de dados, permite monitorizar, com regularidade, o comportamento dos valores das variáveis-chave de entrada dos processos (<i>KPIVs</i>), cuja tendência central e dispersão determinarão a capacidade de um dado processo para conseguir cumprir as definições operacionais especificadas para as suas características críticas para a qualidade (<i>CTQCs</i>). • A partir dos dados referentes às <i>CTQCs</i>, o Seis Sigma permite que se determine um conjunto amplo de métricas (<i>Nível Sigma</i>, <i>DPMO</i>, <i>RTY</i>, entre outras) para aferir sobre o desempenho dos processos e a conformidade dos produtos face aos requisitos aplicáveis.
	8.4	<ul style="list-style-type: none"> • A utilização do abrangente, completo e customizável conjunto de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma aumenta a capacidade da organização em identificar, recolher, analisar, relacionar e interpretar um vasto leque de dados relevantes oriundos de várias fontes do SGQ e verificar se os objectivos da qualidade foram ou estão a ser alcançados. • A análise de dados proporciona a identificação de oportunidades de melhoria e/ou de inovação e, portanto, de potenciais projectos Seis Sigma.
Análise e tratamento de não conformidades	8.3	<ul style="list-style-type: none"> • A utilização de métodos de amostragem e de outras técnicas oriundas do controlo estatístico da qualidade aumenta a capacidade de detecção atempada de produto não conforme. • A utilização estruturada de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma pode auxiliar a compreender melhor a natureza das não conformidades presentes, a organizá-las e tipificá-las, a avaliar os efeitos que provocam, a determinar tendências e padrões de ocorrência e/ou a apurar aquelas que requerem uma resolução mais urgente.

Quadro V.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Auditorias ao sistema	8.2.2	<ul style="list-style-type: none"> • As conclusões das auditorias internas ao SGQ fornecem informação no sentido de identificar oportunidades de melhoria, constituindo, por isso, uma fonte de informação relevante para a organização identificar potenciais projectos Seis Sigma. • A organização deve conduzir auditorias internas em intervalos planeados ao seu sistema/programa Seis Sigma, de modo a determinar se este se mantém adequado e eficaz. • A organização deve considerar o planeamento e a realização de auditorias internas: <ol style="list-style-type: none"> a) Na fase de <i>Control</i> dos projectos DMAIC, com o propósito de determinar se as boas práticas institucionalizadas, resultantes das acções de melhoria definidas e implementadas na fase de <i>Improve</i>, são cumpridas de forma sistemática e se a eficácia das mesmas é mantida. b) Na fase de pós-projecto, com o propósito de determinar se os objectivos e metas planeados para um dado projecto e os benefícios expectáveis que levaram à sua selecção foram efectivamente alcançados.

V.5. Assunto principal “Melhoria”

Quadro V.5 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Melhoria” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Acções correctivas	8.5.2	<ul style="list-style-type: none"> • As actividades contempladas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, conjuntamente com as técnicas e ferramentas disponíveis nessa fase, auxiliam a determinar a(s) causa(s)-raiz de uma não conformidade detectada no seio do SGQ. • Acções correctivas são definidas, planeadas, implementadas e a sua eficácia verificada durante a fase de <i>Improve</i> dos projectos Seis Sigma baseados no mapa DMAIC, de modo a garantir que a(s) causa(s)-raiz da(s) não conformidade(s) não se repete(m).
Acções preventivas	8.5.3	<ul style="list-style-type: none"> • As actividades contempladas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, conjuntamente com as técnicas e ferramentas disponíveis nessa fase, auxiliam a determinar a(s) causa(s)-raiz de uma potencial não conformidade detectada no seio do SGQ. • Acções preventivas, que minimizem a probabilidade de ocorrência de potenciais não conformidades, podem ser definidas, implementadas e a sua eficácia verificada na fase de <i>Improve</i> dos projectos DMAIC, ou na sequência das actividades de projecto técnico e/ou optimização, que têm lugar em projectos de DFSS.
Melhoria contínua	8.5.1	<ul style="list-style-type: none"> • A realização de projectos Seis Sigma, tenham estes uma vertente DMAIC ou de DFSS, deve concorrer para a melhoria contínua do SGQ. Destes projectos, podem resultar alterações mais incrementais (projectos Seis Sigma DMAIC) ou mais substanciais (projectos de DFSS) nos produtos, nos processos, ou no próprio SGQ.

V.6. Assunto principal “Revisão pela gestão”

Quadro V.6 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 9001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Revisão pela gestão” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 9001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Revisão pela gestão	5.6	<ul style="list-style-type: none"> • O processo de revisão pela gestão do SGQ deve incluir a avaliação da adequabilidade e eficácia do programa Seis Sigma implementado na organização. • O processo de revisão pela gestão do SGQ deve incluir, em linha com a avaliação de oportunidades de melhoria, a avaliação de potenciais projectos Seis Sigma e consequente selecção dos melhores.

Apêndice VI

**Integração do Seis Sigma com a ISO 14001,
utilizando os assuntos principais e elementos
comuns aos referenciais de gestão constantes
do ISO Guide 72:2001**

Apêndice VI. Integração do Seis Sigma com a ISO 14001, utilizando os assuntos principais e elementos comuns aos referenciais de gestão constantes do ISO Guide 72:2001

VI.1. Assunto principal “Política”

Quadro VI.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Política e princípios	4.1	<ul style="list-style-type: none"> • O Seis Sigma fornece os princípios, metodologias, técnicas, ferramentas e métricas necessárias à efectivação da melhoria contínua do SGA e do desempenho ambiental da organização, auxiliando o cumprimento dos requisitos da norma ISO 14001. • A utilização lógica e estruturada das técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, permite que a recolha, tratamento, análise e interpretação dos dados com origem no SGA, se processe de modo mais efectivo, fomentando a tomada de decisões com base em factos. • A melhoria do desempenho ambiental, proporcionada pela realização bem sucedida de projectos Seis Sigma, aumenta a capacidade de a organização conseguir cumprir os requisitos legais e outros requisitos ambientais aplicáveis, e contribui para a redução dos impactos associados aos aspectos ambientais.
	4.2, 4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> • A gestão de topo deve demonstrar o seu comprometimento para com o programa Seis Sigma e a sua integração com o SGA, ao: <ol style="list-style-type: none"> a) Comunicar à organização a importância que o programa Seis Sigma assume na melhoria do desempenho ambiental e na prevenção da poluição, bem como na capacidade de assegurar o cumprimento dos requisitos legais e de outros requisitos ambientais subscritos pela organização. b) Comunicar à organização o papel do programa Seis Sigma no seio do SGA e a sua relevância para a concretização dos objectivos ambientais. c) Incluir referência(s) ao programa Seis Sigma na política ambiental por ela estabelecida. d) Assegurar o alinhamento entre os objectivos dos projectos Seis Sigma e os objectivos ambientais. e) Conduzir a revisão pela gestão, que inclui a revisão ao programa Seis Sigma. f) Assegurar uma infraestrutura, níveis de formação e disponibilização de recursos adequados.
	4.2	<ul style="list-style-type: none"> • Para uma efectiva integração, a política ambiental deve conter: <ol style="list-style-type: none"> a) O comprometimento em assegurar a eficácia e adequabilidade do programa Seis Sigma e a sua integração com o SGA, bem como em melhorá-las continuamente. b) Um enquadramento claro sobre o papel que o programa Seis Sigma desempenha no seio do SGA, na melhoria do desempenho ambiental, no cumprimento dos requisitos ambientais e na prevenção da poluição. c) Linhas de orientação que permitam definir critérios, na área ambiental, a utilizar na avaliação e selecção de projectos Seis Sigma previamente identificados.

VI.2. Assunto principal “Planeamento”

Quadro VI.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas	4.3.1	<ul style="list-style-type: none"> Os princípios, técnicas e ferramentas utilizadas no modelo de gestão dos processos do negócio (BPM – <i>Business Process Management</i>) e adoptadas pelo Seis Sigma, permitem discriminar e estudar as actividades que se desenrolam ao longo dos processos organizacionais, incluindo os processos subcontratados, auxiliando desse modo o levantamento dos aspectos ambientais associados a essas actividades. A utilização selectiva e estruturada do conjunto de técnicas e ferramentas disponibilizado pelo Seis Sigma permite que se proceda à recolha, organização, análise e interpretação dos dados relativos aos processos, produtos e serviços da organização, auxiliando, desse modo, o levantamento completo dos aspectos ambientais a eles associados. Os princípios de <i>Design for Environment</i>, por vezes utilizadas em projectos de DFSS, ajudam a identificar antecipadamente os aspectos ambientais inerentes a um conceito de produto, serviço ou processo que esteja em fase de concepção e desenvolvimento, permitindo que se tomem decisões de carácter conceptual e/ou operacional que reduzam os impactos ambientais associados a esses aspectos. A análise funcional inserida na Análise Substância-Campo (<i>Su-Field Analysis</i>) da teoria TRIZ, por vezes usada em projectos DMAIC e DFSS, pode ser utilizada para identificar os aspectos ambientais associados a um dado produto, serviço ou processo. A Análise Substância-Campo permite determinar quais as funções de um dado produto, serviço ou processo susceptíveis de provocar um efeito nocivo sobre o ambiente. A utilização dos conceitos e práticas de Projecto Técnico Robusto de Taguchi, frequentemente utilizados em projectos Seis Sigma, permitem distinguir os aspectos ambientais que são controláveis ou influenciáveis pela própria organização, daqueles aspectos ambientais que a organização não pode controlar nem influenciar (factores de ruído). A realização de estudos e análises para determinar as relações de causa-efeito (relação $Y = f(X)$), com recurso à utilização de técnicas e ferramentas habitualmente usadas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, permite determinar quais os impactos ambientais causados por cada um dos aspectos ambientais identificados.
	4.3.2	<ul style="list-style-type: none"> O processo de auscultação, recolha, análise e interpretação de requisitos, habitualmente usado em projectos de DFSS, mas, por vezes, também em projectos DMAIC, permite extrair, clarificar e organizar os requisitos fundamentais contidos na legislação, normas e regulamentos de carácter ambiental aplicáveis.
Seleccção de questões importantes a serem abordadas	4.3.1	<ul style="list-style-type: none"> O Seis Sigma fornece técnicas e ferramentas, tais como a Análise Modal de Falhas e seus Efeitos e o AHP (<i>Analytical Hierarchy Process</i>), que podem ser utilizadas para avaliar os aspectos ambientais e determinar aqueles que potencialmente provocam um impacto significativo sobre o ambiente.

Quadro VI.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Seleção de questões importantes a serem abordadas	4.3.1	<ul style="list-style-type: none"> • O Seis Sigma fornece técnicas estatísticas, como é exemplo a Análise de Variância, que podem auxiliar a determinar estatisticamente quais os aspectos ambientais significativos. • Características críticas para a qualidade (CTQCs), cada uma com uma definição operacional associada, devem ser definidas e associadas aos requisitos que se encontrem relacionados com os aspectos ambientais significativos.
	4.3.2	<ul style="list-style-type: none"> • A associação de CTQCs e respectivas definições operacionais aos requisitos legais e outros requisitos ambientais subscritos pela organização, possibilita que a mesma verifique, através da realização de actividades de medição e monitorização, se tem capacidade para assegurar o cumprimento desses requisitos e como é que essa capacidade evolui ao longo do tempo.
Definição de objectivos e metas	4.3.3	<ul style="list-style-type: none"> • Deve assegurar-se o alinhamento entre os objectivos e metas ambientais constantes do(s) programa(s) ambiental(ais) e os objectivos dos projectos Seis Sigma cujo âmbito se centre na melhoria do desempenho ambiental. • O processo de auscultação, recolha, análise e interpretação das necessidades dos clientes, habitualmente usado em projectos de DFSS, mas, por vezes, também em projectos DMAIC, permite determinar com maior rigor as expectativas das partes interessadas relativamente ao desempenho ambiental da organização e, deste modo, auxiliar a estabelecer objectivos e metas ambientais que vão ao encontro das preocupações dessas partes interessadas. • Os resultados e níveis de melhoria alcançados, referentes ao desempenho ambiental e prevenção da poluição, decorrentes da realização de projectos Seis Sigma, fornecem informação quantitativa para a revisão periódica dos objectivos e metas ambientais.
Identificação de recursos	4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> • A organização deve determinar e proporcionar a infraestrutura, os meios e os recursos necessários e adequados para: <ul style="list-style-type: none"> a) Implementar, manter e melhorar a eficácia e adequabilidade do programa Seis Sigma e a sua integração com o SGA baseado na norma ISO 14001. b) Assegurar a relevância dos projectos Seis Sigma seleccionados para a melhoria contínua do SGA.. c) Garantir a eficácia das fases de planeamento, realização e pós-projecto dos projectos Seis Sigma seleccionados.
Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades	4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> • A gestão de topo deve designar um membro da gestão, que pertença ou reporte directamente a ela, com a responsabilidade e autoridade para coordenar o programa Seis Sigma. Esse elemento é normalmente designado de “<i>Champion</i>”. • Os papéis e responsabilidades inerentes à função de <i>Champion</i>, conferem-lhe características que a equiparam a uma função de representante da gestão de topo para o programa Seis Sigma. Deste modo, numa abordagem integrada, um representante da gestão para o SGA e a função de <i>Champion</i> podem ser delegados numa mesma pessoa. • A gestão de topo deve definir a estrutura humana para o sistema Seis Sigma, incluindo as funções a ela inerentes, que melhor se enquadrem à realidade às necessidades da organização.

Quadro VI.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades	4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> A gestão de topo deve definir e comunicar adequadamente os papéis, responsabilidades e autoridades para cada função inserida na estrutura humana do Seis Sigma.
Planeamento dos processos operacionais	4.4.6	<ul style="list-style-type: none"> A metodologia de DFSS, especialmente quando incorporar os princípios de <i>Design for Environment</i>, pode ser utilizada para conceber e desenvolver processos, produtos e/ou serviços, de modo a minimizar o número de aspectos ambientais significativos a eles associados e a magnitude dos impactos por eles causados. As acções de melhoria definidas na fase de <i>Improve</i> de um projecto DMAIC, cujo âmbito incida na melhoria do desempenho ambiental e/ou na prevenção da poluição, devem atender à política ambiental e aos objectivos e metas ambientais definidos no seio do SGA. Para auxiliar o planeamento do controlo operacional, onde são definidas acções para manter sob controlo as variáveis-chave de entrada (KPIVs) e de saída (KPOVs ou CTQCs) das actividades e operações associadas aos aspectos ambientais significativos, podem ser usadas várias das técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, tais como as ferramentas de planeamento e gestão, FMEA, SPC, 5W1H, <i>Poka-Yoke</i>, entre outras.
Preparação de contingência para eventos previsíveis	4.4.7	<ul style="list-style-type: none"> Um plano de preparação e resposta a emergências é um caso particular de plano de controlo, um instrumento habitualmente empregue na fase de <i>Control</i> do DMAIC e na última das fases de um mapa de DFSS. Dado que uma rigorosa elaboração de um plano de controlo depende de informação proveniente das fases anteriores do mapa de Seis Sigma utilizado, a elaboração ou revisão de um plano de preparação de resposta a emergências pode resultar da realização de um projecto Seis Sigma. Para efectuar uma elaboração inicial ou uma revisão substancial de um plano de preparação e resposta a emergência é mais adequado utilizar um mapa de DFSS. Para efectuar uma revisão parcial de um plano de preparação e resposta a emergência é mais adequado utilizar o mapa DMAIC.

VI.3. Assunto principal “Implementação e operação”

Quadro VI.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Controlo operacional	4.4.6	<ul style="list-style-type: none"> A institucionalização de planos de controlo, um instrumento habitualmente usado em projectos Seis Sigma, permite que se acompanhe o comportamento das variáveis-chave de entrada (KPIVs) e de saída (KPOVs ou CTQCs) ds operações e actividades associadas aos aspectos ambientais significativos. Desse modo, a organização pode detectar e corrigir atempadamente desvios significativos nos valores ou atributos requeridos para essas variáveis e, conseqüentemente, assegurar a satisfação dos requisitos legais e outros requisitos ambientais aplicáveis. A aplicação do processo de análise ao sistema de medição (MSA – <i>Measurement System Analysis</i>), geralmente usado na fase de <i>Measure</i> do DMAIC, no âmbito do SGA, permite estudar a adequabilidade e a capacidade dos sistemas de medição, utilizados no controlo operacional das KPIVs e CTQCs relativas às actividades e operações associadas aos aspectos ambientais significativos, em assegurar a validade dos dados esultantes das medições efectuadas.
Gestão de recursos humanos	4.4.2	<ul style="list-style-type: none"> A organização deve definir os níveis de competência requeridos, incluindo as certificações e formação específica necessárias, para todas as funções que compõem a estrutura humana do seu programa Seis Sigma. A organização deve assegurar e demonstrar, mantendo os registos necessários para tal, que as pessoas afectas a cada uma das funções da estrutura humana do programa Seis Sigma cumprem as exigências de competência requeridas. A organização deve assegurar que qualquer membro de equipa de um projecto Seis Sigma, cujo âmbito contribua para a melhoria contínua do desempenho ambiental da organização, possui as competências requeridas ao desempenho da sua função, conforme requerido no seio do SGA. Com base nas competências requeridas, devem ser identificadas as necessidades de formação das pessoas que exercem funções no seio do programa Seis Sigma, bem como daquelas que, embora desempenhando funções no âmbito do SGA, que podem participar na realização de projectos Seis Sigma na qualidade de membros de equipa. Após identificar as necessidades de formação, a organização deve providenciar acções de formação adequadas a satisfazer essas necessidades, avaliando posteriormente a eficácia dessas acções.
Gestão de outros recursos	4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> A identificação de factores de ruído significativos que influenciem negativamente o ambiente de trabalho e a mitigação dos potenciais impactos ambientais por eles causados, podem ser conseguidas através da utilização de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, nomeadamente as abordagens de Projecto Técnico Robusto de Taguchi e a Análise Modal de Falhas e seus Efeitos.

Quadro VI.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Gestão de outros recursos	4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> • A organização deve determinar, proporcionar e manter a infraestrutura necessária para assegurar o adequado funcionamento do programa Seis Sigma e dos projectos realizados. Essa infraestrutura pode incluir, entre outros: <ol style="list-style-type: none"> a) Equipamento de apoio, incluindo <i>software</i>, para auxiliar na recolha, análise e interpretação de dados. b) Laboratórios ou outro tipo de espaços onde sejam realizadas actividades de experimentação. c) Salas e outros espaços onde as equipas multidisciplinares de projecto realizem o seu trabalho.
Documentação e seu controlo	4.4.5, 4.5.4	<ul style="list-style-type: none"> • A gestão e controlo do conjunto de documentos e registos gerados durante a actividades de identificação, avaliação, selecção, planeamento e realização de projectos Seis Sigma, bem como naquelas que têm lugar no pós-projecto, deve proceder-se de acordo com o estipulado nos procedimentos do SGA sobre controlo de documentos e de registos.
	4.4.4	<ul style="list-style-type: none"> • A documentação do SGA deve, com o objectivo de assegurar uma adequada integração com o programa Seis Sigma, incluir: <ol style="list-style-type: none"> a) Uma descrição do âmbito do SGA e da sua integração com o programa Seis Sigma. b) A referência a procedimentos e modelos de registo relacionados, utilizados no âmbito do programa Seis Sigma. c) A indicação sobre quais as práticas, metodologias, técnicas e ferramentas do Seis Sigma que devem, e por que razão devem, ser empregues no cumprimento dos requisitos do SGA constantes de um dado procedimento.
Comunicação	4.4.3	<ul style="list-style-type: none"> • Os processos de comunicação interna estabelecidos para o SGA, devem também assegurar a eficácia da comunicação entre as diferentes funções da estrutura humana do sistema Seis Sigma e entre estas e os outros níveis e funções do SGA. • Os processos de comunicação interna estabelecidos para o SGA, devem também assegurar a eficácia da comunicação entre os membros das equipas dos projectos Seis Sigma e entre estes e os outros níveis e funções do SGA. • Os processos de comunicação com o exterior, institucionalizados no SGA, devem fornecer um suporte eficaz para contactar e envolver os clientes e outras partes interessadas, sempre que necessário, nos diferentes estádios de um projecto Seis Sigma. • Os processos de comunicação devem assegurar que a transferência de conhecimento, boas práticas e lições aprendidas, actividades que decorrem na fase de pós-projecto, se efectua eficazmente, de modo a contribuir para a melhoria contínua do programa Seis Sigma e do SGA.
Relacionamento com fornecedores e subcontratados	4.4.6	<ul style="list-style-type: none"> • A organização deve identificar quais os bens adquiridos e serviços contratados cujas características críticas para a qualidade (CTQCs) se encontrem associadas a aspectos ambientais significativos. Devem ser estabelecidos controlos para verificar a capacidade dos fornecedores em conseguirem cumprir as definições operacionais, ou especificações, associadas a essas CTQCs.

Quadro VI.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001 (*continuação*).

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Relacionamento com fornecedores e subcontratados	4.4.6	<ul style="list-style-type: none"> • Para prevenir a ocorrência de impactos ambientais significativos, assegurar o cumprimento da legislação ambiental aplicável e garantir a qualidade dos bens adquiridos e dos serviços contratados, a organização deve envolver, e se possível estender, o seu programa Seis Sigma aos fornecedores desses bens e serviços. • A organização deve seleccionar, para os bens/serviços cujas CTQCs estejam associadas a aspectos ambientais significativos, fornecedores que demonstrem inequívoca capacidade de cumprir as definições operacionais associadas a essas CTQCs, bem como em cumprir os requisitos legais e outros requisitos ambientais subscritos pela organização. • A organização deve assegurar a existência e eficácia dos canais e processos de comunicação com os seus fornecedores-chave.

VI.4. Assunto principal “Avaliação de desempenho”

Quadro VI.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Monitorização e medição	4.5.1	<ul style="list-style-type: none"> • A partir dos resultados obtidos, relativos às CTQCs susceptíveis de causar impactos ambientais significativos, pode calcular-se um conjunto amplo de métricas relevantes (Nível Sigma, <i>DPMO</i>, <i>RTY</i>, entre outras), de modo a monitorizar o desempenho ambiental da organização. • O abrangente, completo e customizável conjunto de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, aumenta significativamente a capacidade de uma organização conseguir identificar, recolher, analisar, relacionar e interpretar um vasto leque de dados relevantes oriundos de várias fontes do SGA. • Da regular e sistemática medição e monitorização dos valores das características críticas para a qualidade (CTQCs) inerentes às actividades, operações, produtos e serviços da organização, que podem ter impactos ambientais significativos, resultam dados que, uma vez analisados, permitem detectar oportunidades de melhoria e/ou de inovação na área ambiental e, consequentemente, identificar potenciais projectos Seis Sigma neste domínio. As oportunidades identificadas resultam, entre outros, dos seguintes procedimentos de análise de dados: <ol style="list-style-type: none"> a) Análise de desvios entre os resultados atingidos e os resultados objectivados. b) Estudo das evoluções e tendências temporais sobre o desempenho ambiental da organização. c) Tipificação e cruzamento dos vários dados relativos ao desempenho ambiental da organização.

Quadro VI.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Monitorização e medição	4.5.1	<ul style="list-style-type: none"> O sistema de medição do desempenho associado ao Seis Sigma permite, através da recolha de um conjunto representativo de dados, monitorizar com regularidade os valores das variáveis-chave de entrada (KPIVs) e de saída (KPOVs ou CTQCs) inerentes às operações e actividades que podem ter um impacto ambiental significativo. Essas KPIVs e CTQCs estão frequentemente associadas a requisitos ambientais de carácter legal e/ou voluntário.
	4.5.2	<ul style="list-style-type: none"> A determinação do Nível Sigma e/ou a realização de estudos de capacidade do processo, permitem aferir sobre a aptidão da organização conseguir cumprir, com a eficácia necessária, as especificações constantes dos requisitos legais e de outros requisitos ambientais subscritos pela organização. Situações que revelem o não cumprimento sistemático de um ou mais requisitos ambientais constituem oportunidades de melhoria que devem conduzir à identificação de potenciais projectos Seis Sigma.
Análise e tratamento de não conformidades	4.5.3	<ul style="list-style-type: none"> A utilização de métodos de amostragem e de outras técnicas e ferramentas de controlo da qualidade, aumenta a capacidade de detecção atempada de falhas ou não conformidades operacionais que, a ocorrerem, podem provocar impactos ambientais significativos. A utilização estruturada de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, tais como o diagrama de afinidades, o diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, entre outras, pode auxiliar a compreender melhor a natureza das não conformidades, a organizá-las e tipificá-las, a perceber quais os efeitos que provocam, a determinar a sua frequência de ocorrência, e/ou ainda a apurar aquelas que requerem uma resolução mais urgente.
Auditorias ao sistema	4.5.5	<ul style="list-style-type: none"> As conclusões das auditorias internas ao SGA fornecem dados cuja análise permitirá apurar informação no sentido de identificar oportunidades de melhoria relevantes, com vista à identificação de potenciais projectos Seis Sigma na área ambiental. A organização deve conduzir auditorias internas em intervalos planeados ao seu sistema/programa Seis Sigma, de modo a determinar se este se mantém adequado e eficaz. A organização deve considerar o planeamento e a realização de auditorias internas: <ul style="list-style-type: none"> a) Na fase de <i>Control</i> dos projectos DMAIC, com o propósito de determinar se as boas práticas institucionalizadas, resultantes das acções de melhoria definidas e implementadas na fase de <i>Improve</i>, são cumpridas de forma sistemática e se a eficácia das mesmas é mantida. b) Na fase de pós-projecto, com o propósito de determinar se os objectivos e metas planeados para um dado projecto, e se os benefícios expectáveis que levaram à selecção desse mesmo projecto, foram efectivamente alcançados.

VI.5. Assunto principal “Melhoria”

Quadro VI.5 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Melhoria” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Acções correctivas	4.5.3	<ul style="list-style-type: none"> As actividades contempladas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, conjuntamente com as técnicas e ferramentas disponíveis nessa fase, auxiliam a determinar a(s) causa(s)-raiz de uma não conformidade detectada no seio do SGA. Acções correctivas são definidas, planeadas, implementadas e a sua eficácia verificada durante a fase de <i>Improve</i> dos projectos Seis Sigma baseados no mapa DMAIC, de modo a garantir que a(s) causa(s)-raiz da(s) não conformidade(s) não se repete(m).
Acções preventivas	4.5.3	<ul style="list-style-type: none"> As actividades contempladas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, conjuntamente com as técnicas e ferramentas disponíveis nessa fase, auxiliam a determinar a(s) causa(s)-raiz de uma potencial não conformidade detectada no seio do SGA. Acções preventivas, que minimizem a probabilidade de ocorrência de potenciais não conformidades, podem ser definidas, implementadas e a sua eficácia verificada durante a fase de <i>Improve</i> dos projectos Seis Sigma baseados no mapa DMAIC. Acções preventivas, que minimizem a probabilidade de ocorrência de potenciais não conformidades de carácter ambiental, podem ser definidas, implementadas e a sua eficácia verificada durante as actividades decorrentes de projectos de DFSS aplicados à concepção e desenvolvimento de produtos, serviços e/ou processos. Em particular, as abordagens de <i>Design for Environment</i> podem ser úteis nesse contexto.
Melhoria contínua	4.2, 4.6	<ul style="list-style-type: none"> O desenvolvimento de projectos Seis Sigma, assumam estes uma vertente DMAIC ou de DFSS, concorrem para a melhoria contínua do SGA. Destes projectos, podem resultar reduções mais incrementais (projectos DMAIC) ou mais radicais (projectos de DFSS) dos impactos ambientais causados pelos produtos, serviço e operações da organização.

VI.6. Assunto principal “Revisão pela gestão”

Quadro VI.6 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO 14001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Revisão pela gestão” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO 14001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Revisão pela gestão	4.6	<ul style="list-style-type: none"> O processo de revisão do SGA deve incluir a avaliação da adequabilidade e eficácia do programa Seis Sigma implementado na organização. O processo de revisão do SGA deve incluir, em linha com a avaliação de oportunidades de melhoria, a avaliação de potenciais projectos Seis Sigma e consequente selecção dos melhores.

Apêndice VII

**Integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001,
utilizando os assuntos principais e elementos
comuns aos referenciais de gestão constantes
do ISO Guide 72:2001**

Apêndice VII. Integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, utilizando os assuntos principais e elementos comuns aos referenciais de gestão constantes do ISO Guide 72:2001

VII.1. Assunto principal “Política”

Quadro VII.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Política e princípios	4.1	<ul style="list-style-type: none"> • O Seis Sigma fornece os princípios, metodologias, técnicas, ferramentas e métricas necessários à efectivação da melhoria contínua do SGSST e do desempenho da segurança no trabalho e saúde ocupacional da organização, auxiliando o cumprimento dos requisitos da OHSAS 18001. • A utilização lógica e estruturada das técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, permitem que a recolha, tratamento, análise e interpretação dos dados com origem no SGSST, se processe de modo mais efectivo, fomentando a tomada de decisões com base em factos. • A melhoria do desempenho a nível da SST, proporcionada pela realização bem sucedida de projectos Seis Sigma, aumenta a capacidade de a organização cumprir os requisitos legais e outros requisitos da SST, e contribui para reduzir os riscos para a segurança e/ou saúde dos trabalhadores e de outras pessoas.
	4.2, 4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> • A gestão de topo deve demonstrar o seu comprometimento para com o programa Seis Sigma e a sua integração com o SGSST, ao: <ol style="list-style-type: none"> a) Comunicar à organização a importância que o programa Seis Sigma assume na melhoria do desempenho da SST e na prevenção de incidentes, bem como na capacidade de assegurar o cumprimento dos requisitos legais e de outros requisitos da SST subscritos pela organização. b) Comunicar à organização o papel do programa Seis Sigma no seio do SGSST e a sua relevância para a concretização dos objectivos da SST. c) Incluir referência(s) ao programa Seis Sigma na política da SST por ela estabelecida. d) Assegurar o alinhamento entre os objectivos dos projectos Seis Sigma e os objectivos da SST. e) Conduzir a revisão pela gestão, que inclui a revisão ao programa Seis Sigma. f) Assegurar uma infraestrutura, níveis de formação e disponibilização de recursos adequados.
Política e princípios	4.2	<ul style="list-style-type: none"> • Para uma efectiva integração, a política da SST deve conter: <ol style="list-style-type: none"> a) O comprometimento em assegurar a eficácia e adequabilidade do programa Seis Sigma e a sua integração com o SGSST, bem como em melhorá-las continuamente. b) Um enquadramento claro sobre o papel que o programa Seis Sigma desempenha no seio do SGSST, na melhoria contínua deste, e no cumprimento dos requisitos legais e outros requisitos aplicáveis na área da SST. c) Linhas de orientação que permitam definir critérios, na área da SST, a utilizar na avaliação e selecção de projectos Seis Sigma previamente identificados.

VII.2. Assunto principal “Planeamento”

Quadro VII.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas	4.3.1	<ul style="list-style-type: none"> Os princípios, técnicas e ferramentas utilizadas no modelo de gestão dos processos do negócio (BPM – <i>Business Process Management</i>) e adoptadas pelo Seis Sigma, permitem analisar em pormenor as actividades e tarefas que se desenrolam ao longo dos processos organizacionais, incluindo os processos subcontratados, auxiliando desse modo a identificação de perigos da SST associados a essas actividades. A utilização selectiva e estruturada do conjunto de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma permite que se proceda à recolha, organização, análise e interpretação dos dados relativos aos locais de trabalho, processos, produtos e serviços da organização, auxiliando, desse modo, a cumprir os requisitos referentes à identificação dos perigos da SST. Os princípios de <i>Design for Safety</i>, por vezes utilizadas em projectos de DFSS, ajudam a identificar antecipadamente os perigos da SST inerentes a um conceito de produto, serviço ou processo que esteja em fase de concepção e desenvolvimento, permitindo que se tomem decisões de carácter conceptual e/ou operacional que reduzam os níveis de risco associados a esses perigos. A análise funcional inserida na Análise Substância-Campo (<i>Su-Field Analysis</i>) da teoria TRIZ, por vezes usada em projectos DMAIC e DFSS, pode ser utilizada para identificar os perigos da SST, inerentes a um dado local de trabalho ou actividade organizacional, cujo risco para a segurança e/ou saúde dos trabalhadores ou de outras pessoas não seja aceitável. A utilização dos conceitos e práticas de Projecto Técnico Robusto de Taguchi, frequentemente utilizados em projectos Seis Sigma, permitem distinguir os factores de perigo da SST cuja prevenção seja controlável ou influenciável pela própria organização, dos perigos cuja prevenção não pode controlada nem influenciada pela organização (factores de ruído), podendo nesse caso apenas actuar na vertente de protecção. A realização de estudos e análises para determinar as relações de causa-efeito (relação $Y = f(X)$), com recurso à utilização de técnicas e ferramentas habitualmente usadas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, permite determinar quais os potenciais danos causados por cada um dos perigos da SST identificados.
	4.3.2	<ul style="list-style-type: none"> O processo de auscultação, recolha, análise e interpretação de requisitos, habitualmente usado em projectos de DFSS, mas por vezes também utilizado em projectos DMAIC, permite extrair, clarificar e organizar os requisitos fundamentais contidos na legislação, normas e regulamentos sobre SST aplicáveis.
Seleção de questões importantes a serem abordadas	4.3.1	<ul style="list-style-type: none"> O Seis Sigma fornece técnicas e ferramentas, tais como a Análise Modal de Falhas e seus Efeitos e o AHP (<i>Analytical Hierarchy Process</i>), que podem ser utilizadas para avaliar/apreciar os riscos associados aos perigos da SST e, desse modo, determinar quais os riscos não aceitáveis.

Quadro VII.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Seleção de questões importantes a serem abordadas	4.3.1	<ul style="list-style-type: none"> O Seis Sigma fornece técnicas estatísticas, como é exemplo a Análise de Variância, que podem auxiliar a determinar estatisticamente quais os riscos da SST não aceitáveis, ou significativos. Características críticas para a qualidade (CTQCs), cada uma com uma definição operacional associada, devem ser definidas para os requisitos da SST que se encontrem relacionados com os perigos cujo risco tenha sido apreciado como não aceitável.
	4.3.2	<ul style="list-style-type: none"> A associação de CTQCs e respectivas definições operacionais aos requisitos legais e outros requisitos da SST, possibilita que a organização verifique, através de actividades de medição e monitorização, se tem capacidade para assegurar o cumprimento desses requisitos e como é que essa capacidade evolui ao longo do tempo.
Definição de objectivos e metas	4.3.3	<ul style="list-style-type: none"> Deve assegurar-se o alinhamento entre os objectivos da SST constantes do(s) programa(s) da SST e os objectivos dos projectos Seis Sigma cujo âmbito se centre na melhoria do desempenho da segurança no trabalho e saúde ocupacional. O processo de auscultação, recolha, análise e interpretação das necessidades dos clientes, habitualmente usado em projectos de DFSS, mas por vezes também utilizado em projectos DMAIC, permite determinar com maior rigor as expectativas das partes interessadas relativamente ao desempenho da organização em matéria de segurança no trabalho e saúde ocupacional e, deste modo, auxiliar a estabelecer objectivos da SST que vão ao encontro das preocupações dessas partes interessadas. Os resultados e níveis de melhoria alcançados, a nível do desempenho de SST e prevenção de incidentes, decorrentes da realização de projectos Seis Sigma nessas áreas, fornecem informação quantitativa para a revisão periódica dos objectivos da SST.
Identificação de recursos	4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> A organização deve determinar e proporcionar a infraestrutura, os meios e os recursos necessários e adequados para: <ul style="list-style-type: none"> a) Implementar, manter e melhorar a eficácia e adequabilidade do programa Seis Sigma e a sua integração com o SGSST baseado na norma OHSAS 18001. b) Assegurar a relevância dos projectos Seis Sigma seleccionados para a melhoria contínua do SGSST. c) Garantir a eficácia das fases de planeamento, realização e pós-projecto dos projectos Seis Sigma seleccionados.
Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades	4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> A gestão de topo deve designar um membro da gestão, que pertença ou reporte directamente a ela, com a responsabilidade e autoridade para coordenar o programa Seis Sigma. Esse elemento é normalmente designado de “<i>Champion</i>”. A gestão de topo deve definir a estrutura humana para o sistema Seis Sigma, incluindo as funções a ela inerentes, que melhor se enquadrem à realidade e necessidades da organização. A gestão de topo deve definir e comunicar adequadamente os papéis, responsabilidades e autoridades para cada função inserida na estrutura humana do Seis Sigma.

Quadro VII.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades	4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> Os papéis e responsabilidades inerentes à função de <i>Champion</i>, conferem-lhe características que a equiparam a uma função de representante da gestão de topo para o sistema Seis Sigma. Deste modo, numa abordagem integrada, um representante da gestão para o SGSST e a função de <i>Champion</i> podem ser delegados numa mesma pessoa.
Planeamento dos processos operacionais	4.4.6	<ul style="list-style-type: none"> A metodologia de DFSS, especialmente quando incorporar os princípios de <i>Design for Safety</i>, pode ser utilizada para conceber e desenvolver quaisquer processos, actividades, tarefas e operações sob controlo da organização, incluindo os locais de trabalho aí existentes, de modo a assegurar o cumprimento de todos os requisitos da SST a eles aplicáveis, bem como a minimizar o número de potenciais perigos SST e a magnitude dos correspondentes riscos. A metodologia de DFSS, especialmente quando incorporar os princípios de <i>Design for Safety</i>, pode ser utilizada para conceber e desenvolver produtos e serviços, de modo a assegurar que todos os requisitos de SST a eles aplicáveis são cumpridos e que os riscos para a segurança e saúde dos clientes e de outras partes interessadas que com eles interagirão são minimizados. As acções de melhoria definidas na fase de <i>Improve</i> de um projecto DMAIC, cujo âmbito incida na melhoria do desempenho de SST e/ou na prevenção de incidentes, devem atender à política e aos objectivos da SST estabelecidos no seio do SGSST. Para auxiliar o planeamento do controlo operacional, onde são definidas acções para manter sob controlo as variáveis-chave de entrada (KPIVs) e de saída (KPOVs ou CTQCs) dos processos, actividades e operações associados aos perigos da SST identificados, podem ser usadas várias técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, tais como as ferramentas de planeamento e gestão, FMEA, SPC, 5W1H, <i>Poka-Yoke</i>, entre outras.
Preparação de contingência para eventos previsíveis	4.4.7	<ul style="list-style-type: none"> Um plano de preparação e resposta a emergências é um caso particular de plano de controlo, um instrumento habitualmente empregue na fase de <i>Control</i> do DMAIC e na última das fases de um mapa de DFSS. Dado que uma rigorosa elaboração de um plano de controlo depende de informação proveniente das fases anteriores do mapa de Seis Sigma utilizado, a elaboração ou revisão de um plano de preparação de resposta a emergências pode resultar da realização de um projecto Seis Sigma. Para efectuar uma elaboração inicial ou uma revisão substancial de um plano de preparação e resposta a emergências é mais adequado utilizar um mapa de DFSS. Para efectuar a revisão parcial de um plano de preparação e resposta a emergências é mais adequado utilizar o DMAIC.

VII.3. Assunto principal “Implementação e operação”

Quadro VII.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Controlo operacional	4.4.6	<ul style="list-style-type: none"> • A institucionalização de planos de controlo, um instrumento habitualmente usado em projectos Seis Sigma, permite que se acompanhe o comportamento das variáveis-chave de entrada (KPIVs) e de saída (KPOVs ou CTQCs) relativas aos processos, actividades e operações associados aos perigos da SST. Desse modo, a organização pode detectar e corrigir atempadamente desvios significativos nos valores ou atributos requeridos para essas variáveis e, conseqüentemente, assegurar a satisfação dos requisitos legais e outros requisitos da SST aplicáveis. • A aplicação do processo de análise ao sistema de medição (MSA – <i>Measurement System Analysis</i>), no âmbito do SGSST, permite estudar a adequabilidade e a capacidade dos sistemas de medição, utilizados no controlo operacional das KPIVs e das CTQCs dos processos, actividades e operações associados aos perigos da SST identificados, em assegurar a validade dos dados esultantes das medições efectuadas.
Gestão de recursos humanos	4.4.2	<ul style="list-style-type: none"> • A organização deve definir os níveis de competência requeridos, incluindo as certificações e formação específica necessárias, para todas as funções que compõem a estrutura humana do seu programa Seis Sigma. • A organização deve assegurar e demonstrar, mantendo os registos necessários para tal, que as pessoas afectas a cada uma das funções da estrutura humana do programa Seis Sigma cumprem as exigências de competência requeridas. • A organização deve assegurar que qualquer membro de equipa de um projecto Seis Sigma, cujo âmbito contribua para a melhoria contínua do desempenho de SST da organização, possui as competências requeridas ao desempenho da sua função, conforme requerido no seio do SGSST. • Com base nas competências requeridas, devem ser identificadas as necessidades de formação das pessoas que exercem funções no seio do programa Seis Sigma, bem como daquelas que, embora desempenhando funções no âmbito do SGSST, que podem participar na realização de projectos Seis Sigma na qualidade de membros de equipa. • Após identificar as necessidades de formação, a organização deve providenciar acções de formação adequadas a satisfazer essas necessidades, avaliando posteriormente a eficácia dessas acções.
Gestão de outros recursos	4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> • A identificação de factores de ruído que influenciem negativamente o ambiente de trabalho, causando situações de perigo, e a mitigação dos riscos de lesão ou afecção da saúde a eles associados, podem ser efectuadas através da utilização de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, nomeadamente as abordagens de Projecto Técnico Robusto de Taguchi e a Análise Modal de Falhas e seus Efeitos.

Quadro VII.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Gestão de outros recursos	4.4.1	<ul style="list-style-type: none"> • A organização deve determinar, proporcionar e manter a infraestrutura necessária para assegurar o adequado funcionamento do programa Seis Sigma e dos projectos realizados. Essa infraestrutura pode incluir, entre outros: <ul style="list-style-type: none"> a) Equipamento de apoio, incluindo <i>software</i>, para auxiliar na recolha, análise e interpretação de dados. b) Laboratórios ou outro tipo de espaços onde sejam realizadas actividades de experimentação. c) Salas e outros espaços onde as equipas multidisciplinares de projecto realizem o seu trabalho.
Documentação e seu controlo	4.4.5, 4.5.4	<ul style="list-style-type: none"> • A gestão e controlo do conjunto de documentos e registos gerados durante a actividades de identificação, avaliação, selecção, planeamento e realização de projectos Seis Sigma, bem como naquelas que têm lugar no pós-projecto, deve proceder-se de acordo com o estipulado nos procedimentos do SGSST sobre controlo de documentos e de registos.
	4.4.4	<ul style="list-style-type: none"> • A documentação do SGSST deve, com o objectivo de assegurar uma adequada integração com o programa Seis Sigma, incluir: <ul style="list-style-type: none"> a) Uma descrição do âmbito do SGSST e da sua integração com o programa Seis Sigma. b) A referência a procedimentos e modelos de registo relacionados, utilizados no âmbito do programa Seis Sigma. c) A indicação sobre quais as práticas, metodologias, técnicas e ferramentas do Seis Sigma que devem, e por que razão devem, ser empregues no cumprimento dos requisitos do SGSST constantes de um dado procedimento.
Comunicação	4.4.3.1	<ul style="list-style-type: none"> • Os processos de comunicação interna da organização estabelecidos para o SGSST, devem também assegurar a eficácia da comunicação entre as diferentes funções do sistema Seis Sigma e entre estas e os outros níveis e funções do SGSST. • Os processos de comunicação interna estabelecidos para o SGSST, devem também assegurar a eficácia da comunicação entre os membros das equipas dos projectos Seis Sigma e entre estes e os outros níveis e funções do SGSST. • Os processos de comunicação com o exterior, institucionalizados no âmbito do SGSST, devem fornecer um suporte eficaz para contactar e envolver os clientes e outras partes interessadas, sempre que necessário, nos diferentes estádios de um projecto Seis Sigma. • Os processos de comunicação devem assegurar que a transferência de conhecimento, boas práticas e lições aprendidas, actividades que decorrem na fase de pós-projecto, se efectua eficazmente, de modo a contribuir para a melhoria contínua do programa Seis Sigma e do SGSST.
	4.4.3.2	<ul style="list-style-type: none"> • Os dados provenientes do processos de participação e consulta, quando tratados, analisados e interpretados, podem fornecer informação útil à identificação de potenciais projectos Seis Sigma.
Relacionamento com fornecedores e subcontratados	4.4.6	<ul style="list-style-type: none"> • A organização deve assegurar que os canais e processos de comunicação com os seus fornecedores-chave existem e são eficazes.

Quadro VII.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Relacionamento com fornecedores e subcontratados	4.4.6	<ul style="list-style-type: none"> • A organização deve identificar quais os bens adquiridos e serviços contratados cujas características críticas para a qualidade (CTQCs) constituam ou originem, em caso de incumprimento por parte do fornecedor, perigos da SST com apreciação não aceitável de risco. Devem ser estabelecidos controlos para verificar a capacidade dos fornecedores em conseguirem cumprir as definições operacionais, ou especificações, associadas a essas CTQCs. • Para minimizar os riscos da SST, assegurar o cumprimento dos requisitos da SST aplicáveis e garantir a qualidade dos bens adquiridos e dos serviços contratados, a organização deve envolver, e se possível estender, o seu programa Seis Sigma aos fornecedores desses bens e serviços. • A organização deve seleccionar, para os bens/serviços cujas CTQCs estejam associadas a perigos da SST com apreciação não aceitável de risco, fornecedores que demonstrem inequívoca capacidade de cumprir as definições operacionais associadas a essas CTQCs, bem como em cumprir os requisitos legais e outros requisitos da SST subscritos pela organização.

VII.4. Assunto principal “Avaliação de desempenho”

Quadro VII.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Monitorização e medição	4.5.1	<ul style="list-style-type: none"> • O sistema de medição do desempenho associado ao Seis Sigma permite, através da recolha de um conjunto representativo de dados, monitorizar com regularidade os valores das variáveis-chave de entrada (KPIVs) e de saída (KPOVs ou CTQCs) inerentes às actividades e operações associadas aos perigos da SST identificados. Essas KPIVs e CTQCs encontram-se frequentemente associadas aos requisitos legais e a outros requisitos da SST aplicáveis. • A partir dos resultados obtidos relativos às CTQCs associados aos perigos da SST, pode calcular-se um conjunto amplo de métricas relevantes (Nível Sigma, <i>DPMO</i>, <i>RTY</i>, entre outras), de modo a monitorizar o desempenho da SST da organização. • O abrangente, completo e customizável conjunto de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, aumenta a capacidade de uma organização conseguir identificar, recolher, analisar, relacionar e interpretar um vasto leque de dados relevantes oriundos de várias fontes do SGSST. • A monitorização dos índices estatísticos de risco (frequência, incidência e gravidade), associados à apreciação dos perigos da SST, pode ser feita através de cartas de controlo, permitindo identificar situações em que os mecanismos de controlo operacional para minimização dos riscos tenham falhado e, assim, poder intervir prontamente sobre a causa (especial) que provocou essa situação.

Quadro VII.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Monitorização e medição	4.5.1	<ul style="list-style-type: none"> • Da regular e sistemática medição e monitorização dos valores das características críticas (CTQCs) relativas aos processos, actividades e operações associados aos perigos da SST, resultam dados que, ao serem analisados, permitem detectar oportunidades de melhoria e/ou de inovação na área de segurança no trabalho e saúde ocupacional e, consequentemente, identificar potenciais projectos Seis Sigma neste domínio. As oportunidades identificadas resultam, entre outros, dos seguintes procedimentos de análise de dados: <ol style="list-style-type: none"> a) Análise de desvios entre os resultados atingidos e os resultados objectivados. b) Estudo das evoluções e tendências temporais sobre o desempenho de SST da organização. c) Tipificação e cruzamento dos vários dados relativos ao desempenho de SST da organização.
	4.5.2	<ul style="list-style-type: none"> • A determinação do Nível Sigma e/ou a realização de estudos de capacidade do processo, permitem aferir sobre a aptidão da organização conseguir cumprir, com a eficácia necessária, as especificações constantes dos requisitos legais e de outros requisitos da SST subscritos pela organização. • Situações que revelem o não cumprimento sistemático de um ou mais requisitos da SST constituem oportunidades de melhoria que devem conduzir à identificação de potenciais projectos Seis Sigma.
Análise e tratamento de não conformidades	4.5.3.2	<ul style="list-style-type: none"> • A utilização de métodos de amostragem e de outras técnicas e ferramentas de controlo da qualidade, pode auxiliar na detecção atempada de não conformidades relativas ao incumprimento dos requisitos da SST que, a ocorrerem, podem provocar danos em termos de lesão ou afecção da saúde. • A utilização estruturada de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, tais como o diagrama de afinidades, o diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, entre outras, pode auxiliar a compreender melhor a natureza das não conformidades, a organizá-las e tipificá-las, a perceber quais os danos que provocam, a determinar a sua frequência de ocorrência, e/ou ainda a apurar aquelas que requerem uma resolução mais urgente.
	4.5.3.1	<ul style="list-style-type: none"> • A utilização estruturada de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, tais como o diagrama de afinidades, o diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, entre outras, pode auxiliar a compreender melhor um conjunto de elementos essenciais dos incidentes, tais como: tipo de incidente, frequência de ocorrência dos tipos de incidente, local de ocorrência dos tipos de incidente, natureza do dano (lesão e/ou doença), localização do dano, consequência do dano, entre outros.
Auditorias ao sistema	4.5.5	<ul style="list-style-type: none"> • As conclusões das auditorias internas ao SGSST fornecem dados cuja análise permitirá apurar informação no sentido de identificar oportunidades de melhoria relevantes, com vista à identificação de potenciais projectos Seis Sigma na área da segurança e saúde no trabalho (SST). • A organização deve conduzir auditorias internas em intervalos planeados ao seu sistema/programa Seis Sigma, de modo a determinar se este se mantém adequado e eficaz.

Quadro VII.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Auditorias ao sistema	4.5.5	<ul style="list-style-type: none"> • A organização deve considerar o planeamento e a realização de auditorias internas: <ol style="list-style-type: none"> a) Na fase de <i>Control</i> dos projectos DMAIC, com o propósito de determinar se as boas práticas institucionalizadas, resultantes das acções de melhoria definidas e implementadas na fase de <i>Improve</i>, são cumpridas de forma sistemática e se a eficácia das mesmas é mantida. b) Na fase de pós-projecto, com o propósito de determinar se os objectivos e metas planeados para um dado projecto, e se os benefícios expectáveis que levaram à selecção desse mesmo projecto, foram efectivamente alcançados.

VII.5. Assunto principal “Melhoria”

Quadro VII.5 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Melhoria” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Acções correctivas	4.5.3.1	<ul style="list-style-type: none"> • As actividades contempladas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, conjuntamente com as técnicas e ferramentas aí disponíveis, auxiliam a determinar a(s) causa(s)-raiz da ocorrência de um dado incidente.
	4.5.3.2	<ul style="list-style-type: none"> • As actividades contempladas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, conjuntamente com as técnicas e ferramentas disponíveis nessa fase, auxiliam a determinar a(s) causa(s)-raiz de uma não conformidade detectada no seio do SGSST. • Acções correctivas são definidas, planeadas, implementadas e a sua eficácia verificada durante a fase de <i>Improve</i> dos projectos Seis Sigma baseados no mapa DMAIC, de modo a garantir que a(s) causa(s)-raiz da(s) não conformidade(s) não se repete(m).
Acções preventivas	4.5.3.1	<ul style="list-style-type: none"> • As actividades contempladas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, conjuntamente com as técnicas e ferramentas disponíveis nessa fase, auxiliam a determinar a(s) causa(s)-raiz de uma potencial não conformidade detectada no seio do SGSST.
	4.5.3.2	<ul style="list-style-type: none"> • Acções preventivas, que minimizem a probabilidade de ocorrência de potenciais não conformidades, podem ser definidas, implementadas e a sua eficácia verificada durante a fase de <i>Improve</i> dos projectos Seis Sigma baseados no mapa DMAIC. • Acções preventivas, minimizadoras dos riscos associados aos perigos da SST, podem ser definidas, implementadas e a sua eficácia verificada durante as actividades decorrentes de projectos de DFSS aplicados à concepção e desenvolvimento de produtos, serviços, postos de trabalho e/ou processos. Mais especificamente, as abordagens de <i>Design for Safety</i> podem ser úteis nesse contexto.
Melhoria contínua	4.2, 4.6	<ul style="list-style-type: none"> • O desenvolvimento de projectos Seis Sigma na área da segurança no trabalho e saúde ocupacional, qualquer que seja a vertente metodológica, concorrem para a melhoria contínua do SGSST.

VII.6. Assunto principal “Revisão pela gestão”

Quadro VII.6 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a OHSAS 18001, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Revisão pela gestão” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas OHSAS 18001	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Revisão pela gestão	4.6	<ul style="list-style-type: none"> • O processo de revisão do SGSST deve incluir a avaliação da adequabilidade e eficácia do programa Seis Sigma implementado na organização. • O processo de revisão do SGSST deve incluir, em linha com a avaliação de oportunidades de melhoria, a avaliação de potenciais projectos Seis Sigma e consequente selecção dos melhores.

Apêndice VIII

**Integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025,
utilizando os assuntos principais e elementos
comuns aos referenciais de gestão constantes
do ISO Guide 72:2001**

Apêndice VIII. Integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, utilizando os assuntos principais e elementos comuns aos referenciais de gestão constantes do ISO Guide 72:2001

VIII.1. Assunto principal “Política”

Quadro VIII.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Política e princípios	4.1.1, 4.1.2, 4.1.3, 4.1.4	<ul style="list-style-type: none"> O laboratório ou organização que realiza as suas actividades de ensaio e/ou calibração deve, num contexto de integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrar o âmbito dos potenciais projectos Seis Sigma à sua área de actividades acreditadas e a acreditar.
	4.2.1, 4.2.3	<ul style="list-style-type: none"> O Seis Sigma fornece os princípios, metodologias (DMAIC e os mapas de DFSS), técnicas, ferramentas e métricas necessários à implementação, manutenção e melhoria da eficácia do sistema de gestão (SG) do laboratório. A melhoria contínua deve traduzir-se numa cada vez maior capacidade em assegurar: <ol style="list-style-type: none"> O cumprimento dos requisitos técnicos e de gestão da ISO/IEC 17025. A satisfação dos requisitos associados às necessidades e expectativas dos clientes. O cumprimento dos requisitos de entidades regulamentares aplicáveis à área de actividades acreditadas e a acreditar. A concretização dos objectivos do SG.
	4.1.5 e f), 4.2.1, 4.2.3	<ul style="list-style-type: none"> O Seis Sigma incorpora o modelo de gestão dos processos de negócio BPM, cujos princípios, técnicas e ferramentas podem ser usados de forma estruturada para: <ol style="list-style-type: none"> Identificar os processos do laboratório necessários para garantir a qualidade dos resultados da realização dos ensaios e/ou calibrações e do apoio prestado aos clientes. Determinar as interacções entre os diferentes processos do laboratório. Determinar as interacções entre os processos do laboratório e os outros processos da organização, sempre que o laboratório fizer parte de uma organização que desenvolva outras actividades para além de ensaio e/ou calibração. Mapear cada um dos processos do laboratório. Planear a operação e controlo dos processos do laboratório. Analisar o fluxo, desempenho e eficiência dos processos do laboratório. Melhorar o funcionamento dos processos do laboratório.
	4.2.3	<ul style="list-style-type: none"> A gestão de topo deve proporcionar evidências do seu comprometimento no desenvolvimento, implementação de um programa Seis Sigma no laboratório, na melhoria contínua da sua eficácia, bem como ainda na sua integração com o sistema de gestão baseado na ISO/IEC 17025.

Quadro VIII.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Política e princípios	4.2.3	<ul style="list-style-type: none"> • A demonstração desse comprometimento pode ser evidenciada pelo facto de a gestão de topo: <ul style="list-style-type: none"> a) Comunicar o papel e o contributo do programa Seis Sigma para a concretização dos objectivos do sistema de gestão do laboratório, para a melhoria contínua da eficácia desse sistema e para a capacidade do laboratório em cumprir os requisitos da norma ISO/IEC 17025. b) Comunicar o papel e o contributo do programa Seis Sigma para a garantia da qualidade dos resultados dos ensaios e/ou calibrações realizado(as) e, desse modo, para que o laboratório tenha capacidade de ir ao encontro das necessidades dos clientes e dos requisitos legais, regulamentares e normativos. c) Fazer referência ao programa Seis Sigma na política da qualidade. d) Assegurar o alinhamento entre os objectivos dos projectos Seis Sigma e os objectivos do SG. e) Conduzir a revisão pela gestão, que inclui a revisão ao programa Seis Sigma. f) Assegurar uma infraestrutura, níveis de formação e a disponibilidade dos recursos adequados.
	4.2.2	<ul style="list-style-type: none"> • Para uma efectiva integração, a política da qualidade definida pela gestão de topo deve conter: <ul style="list-style-type: none"> a) O comprometimento em assegurar a eficácia e adequabilidade do programa Seis Sigma e a sua integração com o SG baseado na norma ISO/IEC 17025, bem como em melhorá-las continuamente. b) Um enquadramento claro sobre o papel que o programa Seis Sigma desempenha no seio do SG. c) Linhas de orientação que permitam definir critérios a utilizar na avaliação e selecção de projectos Seis Sigma previamente identificados.

VIII.2. Assunto principal “Planeamento”

Quadro VIII.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas	4.1.5 c), 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 5.4, 5.10	<ul style="list-style-type: none"> • O processo de auscultação e tratamento das “vozes” dos clientes, frequentemente usado em projectos de DFSS, mas por vezes também em projectos DMAIC, pode auxiliar o laboratório a determinar as necessidades e expectativas dos clientes, e de outras eventuais partes interessadas, relativamente aos serviços de ensaio e/ou calibração por si prestados.

Quadro VIII.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas	4.1.5 c), 4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 5.4, 5.10	<ul style="list-style-type: none"> O laboratório deve determinar os requisitos relacionados com os serviços de ensaio/calibração prestados, a partir do conhecimento das necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas relevantes. Características críticas para a qualidade (CTQCs) e as suas correspondentes definições operacionais, devem ser definidas e estar associadas aos requisitos relacionados com os ensaios/calibrações, incluindo os requisitos legais, regulamentares e normativos. Tal procedimento permitirá que os projectos Seis Sigma contribuam para a melhoria contínua do SG baseado na norma ISO/IEC 17025. O recurso à utilização das ferramentas da qualidade, tanto as básicas como as de planeamento, muito utilizadas em projectos Seis Sigma, permitem a um laboratório desenvolver procedimentos simples e sistemáticos para registar (e.g. folha de verificação), analisar (e.g. matriz de relações), organizar (e.g. diagrama de afinidades) e/ou priorizar (e.g. matrizes de prioridades) os requisitos associados a uma consulta.
	4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 5.4	<ul style="list-style-type: none"> A determinação do Nível Sigma e/ou dos índices de capacidade de processo, permitem que o laboratório analise a capacidade dos seus métodos de ensaios/calibrações e daqueles subcontratados a outras entidades, auxiliando o laboratório a: <ol style="list-style-type: none"> Verificar e validar a aptidão desses métodos em cumprir os requisitos aplicáveis a cada consulta ou pedido de trabalho. Seleccionar o método de ensaio/calibração mais adequado a cada pedido de trabalho.
	4.4.1, 4.4.2, 4.4.3, 4.4.4, 4.4.5	<ul style="list-style-type: none"> A utilização de técnicas de análise de risco, contidas no lote de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, permite ao laboratório determinar antecipadamente quais os requisitos, aplicáveis aos ensaios e/ou calibrações, que poderão vir a sofrer alterações ainda durante o período de realização do serviço. Caso esses requisitos sejam alterados, o laboratório deve realizar estudos de capacidade para determinar a sua aptidão para os satisfazer de forma adequada.
	4.2.1, 4.2.2	<ul style="list-style-type: none"> Devem ser estabelecidos objectivos do SG consistentes com as CTQCs associadas aos requisitos dos clientes, legais e regulamentares. Tal procedimento assegurará que os objectivos do SG estejam suportados em indicadores mensuráveis.
Seleção de questões importantes a serem abordadas	4.1.2, 4.1.3, 4.2.1, 4.4.1, 4.4.3, 5.4	<ul style="list-style-type: none"> A definição da abrangência do sistema de gestão do laboratório, o conhecimento sobre as necessidades dos clientes e dos requisitos legais, regulamentares e normativos a cumprir, ou ainda a definição de objectivos para todos os níveis e funções relevantes no seio do SG laboratório, permitem delimitar os processos, operações e áreas funcionais do SG onde o desenvolvimento de acções de controlo e de melhoria é mais premente, sendo aí que a identificação de potenciais projectos Seis Sigma deverá incidir.
	4.2.2	<ul style="list-style-type: none"> O laboratório deve comparar os resultados alcançados, quer a nível técnico como de gestão, com os objectivos do SG estabelecidos, no sentido de identificar potenciais projectos Seis Sigma.

Quadro VIII.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Seleção de questões importantes a serem abordadas	4.2.1	<ul style="list-style-type: none"> As decisões relativas ao planeamento do SG facilitam a definição de critérios para proceder à avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma identificados, com o intuito de seleccionar os mais promissores para a melhoria do SG.
Definição de objectivos e metas	4.2.2	<ul style="list-style-type: none"> O adequado alinhamento entre os objectivos do SG e os objectivos delineados para os projectos Seis Sigma deve ser assegurado. Os resultados e níveis de melhoria alcançados, decorrentes da realização de projectos Seis Sigma, fornecem informação quantitativa para a revisão periódica dos objectivos do SG, atendendo aos novos níveis de desempenho.
Identificação de recursos	4.4.1, 4.7, 4.10 5.4.2, 5.4.3, 5.4.4. 5.10.1	<ul style="list-style-type: none"> O laboratório deve determinar e proporcionar a infraestrutura e os recursos necessários e adequados para: <ul style="list-style-type: none"> a) Implementar, manter e melhorar a eficácia e adequabilidade do programa Seis Sigma e a sua integração com o SG baseado na norma ISO/IEC 17025. b) Assegurar a relevância dos projectos Seis Sigma seleccionados para a melhoria contínua do SG e da capacidade do laboratório em produzir resultados válidos na realização dos ensaios e/ou calibrações. c) Garantir a eficácia das fases de planeamento, realização e pós-projecto dos projectos Seis Sigma seleccionados.
Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades	4.1.5 i) 4.1.5 a) e) f) h), 4.2.6 4.11.1	<ul style="list-style-type: none"> A gestão de topo deve designar um membro da gestão, que pertença ou reporte directamente a ela, com a responsabilidade e autoridade para coordenar o programa Seis Sigma. Esse elemento é normalmente designado de “<i>Champion</i>”. Os papéis e responsabilidades inerentes à função de <i>Champion</i>, conferem-lhe características que a equiparam a uma função de representante da gestão de topo para o sistema Seis Sigma. Deste modo, numa abordagem integrada com a ISO/IEC 17025, a função de gestor da qualidade para o SG e a de <i>Champion</i> podem ser delegados numa mesma pessoa. A gestão de topo deve definir a estrutura humana para o sistema Seis Sigma, incluindo as funções a ela inerentes, que melhor se enquadrem à realidade e necessidades do laboratório. A gestão de topo deve definir e comunicar adequadamente os papéis, responsabilidades e autoridades para cada função dessa estrutura humana, devendo fazê-lo no Manual da Qualidade. As funções de responsabilidade de gestão e técnica na estrutura organizativa do laboratório, devem identificar oportunidades de melhoria e/ou de inovação, entre os quais desvios ao sistema de gestão ou aos procedimentos de ensaio/calibração. Na estrutura humana do Seis Sigma, as pessoas afectas a essas funções podem desempenhar o papel de <i>Sponsor</i>.
Planeamento dos processos operacionais	4.2.1	<ul style="list-style-type: none"> A metodologia de DFSS, dirigida para a morfologia de processo, pode ser utilizada para conceber, desenvolver e planear a operacionalização dos processos de realização dos ensaios e/ou calibrações, bem como os processos de gestão e de suporte incluídos no SG do laboratório.

Quadro VIII.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Planeamento dos processos operacionais	4.2.1	<ul style="list-style-type: none"> As acções de melhoria definidas na fase de <i>Improve</i> de um projecto DMAIC, cujo âmbito incida na melhoria do desempenho das actividades acreditadas ou a acreditar do laboratório, devem ser coerentes com as decisões tomadas relativamente ao planeamento do SG, baseado na ISO/IEC 17025, do laboratório. As acções de melhoria definidas na fase de <i>Improve</i> de um projecto DMAIC, cujo âmbito incida na melhoria do desempenho das actividades acreditadas ou a acreditar do laboratório, devem atender à política da qualidade e aos objectivos do sistema de gestão estabelecidos.
Preparação de contingência para eventos previsíveis	4.9	<ul style="list-style-type: none"> Planos de controlo, habitualmente usados na fase de <i>Control</i> do DMAIC, podem ser desenvolvidos para detectar e corrigir atempadamente, sempre que possível, situações em que o resultado da realização do ensaio e/ou calibração não esteja conforme com os requisitos aplicáveis, ou em que os procedimentos ou métodos de ensaio/calibração não forem correctamente cumpridos.

VIII.3. Assunto principal “Implementação e operação”

Quadro VIII.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Controlo operacional	5.1, 5.4, 5.7, 5.8, 5.9, 5.10	<ul style="list-style-type: none"> A institucionalização de planos de controlo, um instrumento habitualmente usado na fase de <i>Control</i> do DMAIC, permite que se acompanhe o comportamento das variáveis-chave de entrada (KPIVs) e de saída (KPOVs ou CTQCs) dos processos do SG do laboratório, incluindo os de ensaio e/ou calibração. Desse modo, o laboratório pode detectar e corrigir atempadamente desvios significativos nos valores ou atributos requeridos para essas variáveis, salvaguardando assim o cumprimento dos requisitos aplicáveis a esses processos.
	5.4, 5.9	<ul style="list-style-type: none"> A metodologia de DFSS, independentemente do mapa usado, pode ser adoptada, por um laboratório, como processo para a concepção e desenvolvimento de novos, ou substancialmente melhorados, serviços de ensaio e/ou de calibração.
	4.6	<ul style="list-style-type: none"> A utilização de métricas do Seis Sigma, como é o caso do Nível Sigma, permite efectuar a avaliação dos fornecedores de consumíveis, produtos e serviços relevantes para a qualidade dos ensaios/calibrações, no que se refere à capacidade destes em cumprir os requisitos especificados na compra. A aplicação de técnicas e ferramentas oriundas do controlo estatístico da qualidade, usadas no âmbito do Seis Sigma, pode apoiar as actividades de inspecção/verificação da qualidade dos consumíveis e de outros bens relevantes adquiridos.

Quadro VIII.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Controlo operacional	5.5, 5.6	<ul style="list-style-type: none"> A aplicação do processo de análise do sistema de medição (MSA – <i>Measurement System Analysis</i>), no contexto do SG do laboratório, permite aferir se os seus sistemas de medição, onde se incluem os equipamentos laboratoriais, o pessoal técnico, as condições ambientais, entre outros factores, são adequados e se possuem a exactidão, fidelidade e resolução necessárias para assegurar a validade dos dados medidos durante a realização dos ensaios e/ou calibrações.
Gestão de recursos humanos	5.2.1, 5.5.3	<ul style="list-style-type: none"> O laboratório deve definir os níveis de competência requeridos, incluindo as certificações e formação específica necessárias, para todas as funções que compõem a estrutura humana do seu programa Seis Sigma, para além das funções técnicas e de gestão definidas no âmbito do SG baseado na ISO/IEC 17025.
	5.2.5	<ul style="list-style-type: none"> O laboratório deve assegurar e demonstrar, mantendo os registos necessários para tal, que as pessoas afectas a cada uma das funções da estrutura humana do programa Seis Sigma cumprem os requisitos de competência estabelecidos.
	5.2.1, 5.2.2	<ul style="list-style-type: none"> As necessidades de formação das pessoas envolvidas no programa Seis Sigma, incluindo daquelas que desempenham funções no âmbito do SG e que podem participar na realização de projectos Seis Sigma enquanto membros de equipa, devem ser identificadas com o objectivo de que todas as competências necessárias sejam atingidas.
	5.2.2	<ul style="list-style-type: none"> A avaliação da eficácia das acções de formação, ministradas com o intuito de aumentar as competências das pessoas directa e indirectamente envolvidas no programa Seis Sigma, deve ser realizada.
Gestão de outros recursos	4.1.3, 5.4.7, 5.5, 5.6	<ul style="list-style-type: none"> O laboratório deve determinar, proporcionar e manter a infraestrutura necessária para assegurar o adequado funcionamento do programa Seis Sigma e dos projectos realizados. Essa infraestrutura pode incluir, entre outros: <ol style="list-style-type: none"> Equipamento de apoio, incluindo <i>software</i>, para auxiliar na recolha, análise e interpretação de dados. Laboratórios ou outro tipo de espaços onde sejam realizadas actividades de experimentação. Salas e outros espaços onde as equipas multi-disciplinares de projecto realizem o seu trabalho.
	5.3	<ul style="list-style-type: none"> A identificação de factores de ruído significativos que possam influenciar negativamente as condições ambientais do laboratório, e o desenvolvimento de medidas para minimizar o seu impacto, podem ser efectuados através de técnicas/ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, nomeadamente as abordagens de Projecto Robusto de Taguchi e a FMEA.
Documentação e seu controlo	4.3, 4.13	<ul style="list-style-type: none"> A gestão e controlo do conjunto de documentos e registos gerados durante a actividades de identificação, avaliação, selecção, planeamento e realização de projectos Seis Sigma, bem como as de pós-projecto, deve proceder-se de acordo com o estipulado nos procedimentos do SG do laboratório acerca de controlo de documentos e controlo de registos.

Quadro VIII.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Documentação e seu controlo	4.2.2, 4.2.5	<ul style="list-style-type: none"> O Manual da Qualidade deve incluir uma descrição sobre o programa Seis Sigma implementado no laboratório e o modo como este interage com o SG baseado na ISO/IEC 17025.
Comunicação	4.1.6	<ul style="list-style-type: none"> Os processos de comunicação interna estabelecidos para o SG do laboratório, devem também assegurar a eficácia da comunicação entre as diferentes funções da estrutura humana do sistema Seis Sigma e entre estas e os outros níveis e funções técnicas e de gestão do laboratório. Os processos de comunicação interna estabelecidos para o SG do laboratório, devem também assegurar a eficácia da comunicação entre os membros das equipas dos projectos Seis Sigma e entre estes e os outros níveis e funções técnicas e de gestão do laboratório. Os processos de comunicação devem assegurar que a transferência de conhecimento, boas práticas e lições aprendidas, actividades que decorrem na fase de pós-projecto, se efectuam eficazmente, de modo a contribuir para a melhoria contínua do programa Seis Sigma e do SG do laboratório. Os processos de comunicação com o exterior, institucionalizados no SG, devem fornecer um suporte eficaz para contactar e envolver os clientes e outras partes interessadas, sempre que necessário, nos diferentes estádios de um projecto Seis Sigma.
Relacionamento com fornecedores e subcontratados	4.5, 4.6	<ul style="list-style-type: none"> O laboratório deve identificar quais os produtos adquiridos e serviços contratados relevantes para assegurar o cumprimento das definições operacionais associadas às CTQCs, que determinam a qualidade dos ensaios e/ou calibrações realizados(as). Relativamente aos produtos/serviços adquiridos com impacto significativo nas CTQCs associadas aos processos de ensaio e/ou calibração, o laboratório deve estabelecer acções de verificação que lhe permitam concluir sobre a conformidade de cada bem/serviço adquirido, face às especificações que constam da respectiva ordem da compra. O laboratório deve avaliar e seleccionar os fornecedores dos produtos/serviços adquiridos com impacto significativo nas CTQCs dos processos de ensaio e/ou calibração, com base na capacidade destes em cumprir, de forma consistente e continuada, as especificações de compra. O laboratório deve envolver, e se possível estender, o seu programa Seis Sigma aos fornecedores dos produtos/serviços que têm impacto nas CTQCs que determinam a qualidade dos ensaios e/ou calibrações. Deve ainda assegurar que os canais e processos de comunicação com estes fornecedores são eficazes.

VIII.4. Assunto principal “Avaliação de desempenho”

Quadro VIII.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Monitorização e medição	4.7	<ul style="list-style-type: none"> Métricas como o Nível Sigma ou o número de defeitos por milhão de oportunidades (<i>DPMO</i>), entre outras, podem ser utilizadas para medir e monitorizar a evolução dos níveis de satisfação dos clientes relativos a um conjunto de atributos críticos que concorrem para a sua percepção sobre a qualidade da prestação dos serviços de ensaio e/ou calibração. A monitorização de dados e indicadores relevantes, relativos à percepção que diferentes tipos clientes têm acerca dos serviços de ensaio e/ou calibração prestados, é uma das actividades que pode conduzir à detecção de oportunidades de melhoria e/ou inovação e, consequentemente, de potenciais projectos Seis Sigma, em virtude de permitir ao laboratório: <ol style="list-style-type: none"> Detectar falhas, erros, ou inconsistências na capacidade de satisfazer determinados requisitos dos clientes. Compreender a evolução das necessidades dos clientes e antecipar as suas necessidades latentes. Comparar a percepção dos clientes face a serviços similares disponibilizados por outros laboratórios ou organizações.
	4.5, 5.5.2, 5.5.9, 5.8.3, 5.8.4	<ul style="list-style-type: none"> O Seis Sigma utiliza um sistema de medição do desempenho que, através da recolha de um conjunto representativo de dados, permite monitorizar com regularidade o comportamento dos valores das variáveis-chave de entrada dos processos (<i>KPIVs</i>), cuja tendência central e dispersão determinarão a capacidade de um dado processo de ensaio/calibração conseguir cumprir as definições operacionais especificadas para as suas características críticas para a qualidade (<i>CTQCs</i>). O processo medido e monitorizado poderá ou não ser subcontratado. A partir dos dados referentes às <i>CTQCs</i>, o Seis Sigma permite que se determine um conjunto amplo de métricas (Nível Sigma, <i>DPMO</i>, <i>RTY</i>, entre outras) para aferir sobre o desempenho dos processos do laboratório e os níveis de conformidade dos ensaios e/ou calibrações face aos requisitos aplicáveis.
	4.2.2, 4.10	<ul style="list-style-type: none"> A utilização do abrangente, completo e customizável conjunto de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, aumenta a capacidade do laboratório conseguir identificar, recolher, analisar, relacionar e interpretar um vasto leque de dados relevantes oriundos de várias fontes do seu SG e, desse modo, verificar se os objectivos estabelecidos para o mesmo foram ou estão a ser alcançados.
	4.10, 5.9	<ul style="list-style-type: none"> A análise de dados proporciona a identificação de oportunidades de melhoria e/ou de inovação e, portanto, de potenciais projectos Seis Sigma.
Análise e tratamento de não conformidades	4.9	<ul style="list-style-type: none"> A utilização de métodos de amostragem e de outras técnicas oriundas do controlo estatístico da qualidade, aumenta a capacidade de detecção atempada de não conformidades ocorridas na realização dos ensaios e/ou calibrações.

Quadro VIII.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Análise e tratamento de não conformidades	4.9	<ul style="list-style-type: none"> A utilização estruturada de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma pode auxiliar a compreender melhor a natureza das não conformidades presentes na realização dos ensaios e/ou calibrações, a organizá-las e tipificá-las, a avaliar os efeitos que provocam, a determinar tendências e padrões de ocorrência, e/ou a apurar aquelas que requerem uma resolução mais urgente.
Auditorias ao sistema	4.11.5, 4.14	<ul style="list-style-type: none"> A conclusões das auditorias internas ao SG fornecem informação no sentido de identificar oportunidades de melhoria, constituindo, por isso, uma fonte de informação relevante para o laboratório identificar potenciais projectos Seis Sigma. O laboratório deve conduzir auditorias internas em intervalos planeados ao seu sistema/programa Seis Sigma, de modo a determinar se este se mantém adequado e eficaz. O laboratório deve considerar o planeamento e a realização de auditorias internas: <ol style="list-style-type: none"> Na fase de <i>Control</i> dos projectos DMAIC, com o propósito de determinar se as boas práticas institucionalizadas, resultantes das acções de melhoria definidas e implementadas na fase de <i>Improve</i>, são cumpridas de forma sistemática e se a eficácia das mesmas é mantida. Na fase de pós-projecto, com o propósito de determinar se os objectivos e metas planeados para um dado projecto, e se os benefícios expectáveis que levaram à sua selecção, foram efectivamente alcançados.

VIII.5. Assunto principal “Melhoria”

Quadro VIII.5 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Melhoria” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Acções correctivas	4.11.1, 4.11.2, 4.11.3, 4.11.4	<ul style="list-style-type: none"> As actividades contempladas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, conjuntamente com as técnicas e ferramentas disponíveis nessa fase, auxiliam a determinar a(s) causa(s)-raiz de uma não conformidade detectada no seio do SG do laboratório, onde se incluem as detectadas na realização dos ensaios e/ou calibrações. Acções correctivas são definidas, planeadas, implementadas e a sua eficácia verificada durante a fase de <i>Improve</i> dos projectos Seis Sigma baseados no mapa DMAIC, de modo a garantir que a(s) causa(s)-raiz da(s) não conformidade(s) não se repete(m).
Acções preventivas	4.12	<ul style="list-style-type: none"> As actividades contempladas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, conjuntamente com as técnicas e ferramentas disponíveis nessa fase, auxiliam a determinar a(s) causa(s)-raiz de uma potencial não conformidade detectada no seio do SG do laboratório, onde se incluem as detectadas na realização dos ensaios e/ou calibrações.

Quadro VIII.5 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Melhoria” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Acções preventivas	4.12	<ul style="list-style-type: none"> • Acções preventivas, que minimizem a probabilidade de ocorrência de potenciais não conformidades, podem ser definidas, implementadas e a sua eficácia verificada na fase de <i>Improve</i> dos projectos DMAIC, ou na sequência das actividades de projecto técnico e/ou optimização, que têm lugar em projectos de DFSS.
Melhoria contínua	4.10	<ul style="list-style-type: none"> • O desenvolvimento de projectos Seis Sigma na área das actividades acreditadas ou a acreditar, assumam eles uma vertente DMAIC ou de DFSS, devem concorrer para a melhoria contínua do SG do laboratório baseado na ISO/IEC 17025. Essa melhoria pode incidir na vertente técnica relacionada com a realização dos ensaios/calibrações e/ou na vertente dos processos de gestão e de suporte do SG.

VIII.6. Assunto principal “Revisão pela gestão”

Quadro VIII.6 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17025, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Revisão pela gestão” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17025	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Revisão pela gestão	4.15	<ul style="list-style-type: none"> • O processo de revisão do SG deve incluir a avaliação da adequabilidade e eficácia do programa Seis Sigma implementado no laboratório. • O processo de revisão do SG deve incluir, em linha com a avaliação de oportunidades de melhoria, a avaliação de potenciais projectos Seis Sigma e consequente selecção dos melhores.

Apêndice IX

**Integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020,
utilizando os assuntos principais e elementos
comuns aos referenciais de gestão constantes
do ISO Guide 72:2001**

Apêndice IX. Integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, utilizando os assuntos principais e elementos comuns aos referenciais de gestão constantes do ISO Guide 72:2001

IX.1. Assunto principal “Política”

Quadro IX.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Política e princípios	3.1, 3.2, 3.3, 3.5	<ul style="list-style-type: none"> O organismo de inspecção deve, num contexto de integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrar o âmbito dos potenciais projectos Seis Sigma às suas actividades de avaliação e determinação da conformidade que se encontrem acreditadas e que venham a ser acreditar.
	7.1, 7.2	<ul style="list-style-type: none"> O Seis Sigma fornece os princípios, metodologias, técnicas, ferramentas e métricas necessários à implementação, manutenção e melhoria contínua da eficácia do sistema de gestão da qualidade (SGQ) do organismo de inspecção. A melhoria contínua deve traduzir-se numa cada vez maior capacidade em assegurar: <ol style="list-style-type: none"> O cumprimento dos requisitos da ISO/IEC 17020. A satisfação dos requisitos associados às necessidades e expectativas dos clientes. O cumprimento dos requisitos de autoridades legais e reguladoras aplicáveis. A concretização dos objectivos da qualidade.
	4.1, 4.2, 6.2, 7.2, 7.5	<ul style="list-style-type: none"> O Seis Sigma incorpora o modelo de gestão dos processos de negócio BPM, cujos princípios, técnicas e ferramentas podem ser usados de forma estruturada para: <ol style="list-style-type: none"> Identificar os processos do organismo de inspecção necessários para garantir a correcção das avaliações feitas, dos resultados dos ensaios funcionais e do apoio prestado aos clientes. Determinar as interacções entre os diferentes processos. Determinar as interacções entre os processos do organismo de inspecção e os outros processos da organização a que pertença, caso o organismo faça parte de uma organização que desenvolva outras actividades para além das de inspecção. Mapear cada processo do organismo de inspecção e planejar a sua operação e controlo. Analisar o fluxo, desempenho e eficiência dos processos do organismo de inspecção. Melhorar o funcionamento dos processos do organismo de inspecção.
	7.1	<ul style="list-style-type: none"> A gestão de topo deve proporcionar evidências do seu comprometimento no desenvolvimento, implementação de um programa Seis Sigma no seio do organismo de inspecção, na melhoria contínua da eficácia deste, bem como ainda na sua integração com o SGQ baseado na ISO/IEC 17020.

Quadro IX.1 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Política” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Política e princípios	7.1	<ul style="list-style-type: none"> • A demonstração desse comprometimento pode ser evidenciada pelo facto de a gestão de topo: <ol style="list-style-type: none"> a) Comunicar o papel e o contributo do programa Seis Sigma para a concretização dos objectivos da qualidade, para a melhoria contínua da eficácia do SGQ e para a capacidade do organismo de inspecção em cumprir os requisitos da norma ISO/IEC 17020. b) Comunicar o papel e o contributo do programa Seis Sigma para a garantia da qualidade das inspecções realizadas e, desse modo, para a capacidade do organismo ir ao encontro das necessidades dos clientes e dos requisitos legais, regulamentares e normativos. c) Fazer referência ao programa Seis Sigma na política da qualidade, por ela estabelecida. d) Assegurar o alinhamento entre os objectivos dos projectos Seis Sigma e os objectivos da qualidade. e) Conduzir a revisão pela gestão, que inclui a revisão ao programa Seis Sigma. f) Assegurar uma infraestrutura, níveis de formação e a disponibilidade dos recursos adequados. • Para uma efectiva integração, a política da qualidade deve conter: <ol style="list-style-type: none"> a) O comprometimento em assegurar a eficácia e adequabilidade do programa Seis Sigma e a sua integração com o SGQ baseado na norma ISO/IEC 17020, bem como em melhorá-las continuamente. b) Um enquadramento claro sobre o papel que o programa Seis Sigma desempenha no seio do SGQ. c) Linhas de orientação que permitam definir critérios a utilizar na avaliação e selecção de projectos Seis Sigma.

IX.2. Assunto principal “Planeamento”

Quadro IX.2– Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas	3.3, 5, 10.1, 10.5, 13.2	<ul style="list-style-type: none"> • O processo de auscultação e tratamento das “vozes” dos clientes, frequentemente usado em projectos de DFSS, mas por vezes também em projectos DMAIC, pode auxiliar o organismo de inspecção a determinar as necessidades e expectativas dos clientes, e de outras eventuais partes interessadas, relativamente aos serviços por si prestados. • O recurso à utilização das ferramentas da qualidade permitem a um organismo de inspecção desenvolver procedimentos simples e sistemáticos para registar (e.g. folha de verificação), analisar (e.g. matriz de relações), organizar (e.g. diagrama de afinidades) e/ou priorizar (e.g. matrizes de prioridades) os requisitos associados a uma consulta.

Quadro IX.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Identificação de necessidades, requisitos e análise de questões críticas	3.3, 5, 10.1, 10.5, 13.2	<ul style="list-style-type: none"> O organismo de inspecção deve determinar os requisitos relacionados com os serviços prestados, a partir do conhecimento das necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas. Características críticas para a qualidade (CTQCs) e as suas correspondentes definições operacionais, devem ser definidas e estar associadas aos requisitos relacionados com os trabalhos de inspecção, incluindo os legais e regulamentares. Tal procedimento permitirá que os projectos Seis Sigma contribuam para a melhoria contínua do SGQ baseado na norma ISO/IEC 17020.
	10.5, 11.2, 14.2	<ul style="list-style-type: none"> A determinação do Nível Sigma e/ou dos índices de capacidade de processo, permitem que o organismo de inspecção analise a capacidade dos seus métodos e procedimentos de inspecção, bem como daqueles subcontratados a outras entidades, auxiliando-o desse modo a: <ul style="list-style-type: none"> a) Verificar e validar a aptidão desses métodos e procedimentos em cumprir os requisitos aplicáveis a cada consulta ou pedido de trabalho. b) Selecionar o método de ensaio/calibração mais indicado a cada pedido de trabalho, face à capacidade evidenciada por cada método e ao custo inerente à sua aplicação.
	10.5	<ul style="list-style-type: none"> A utilização de técnicas de análise de risco, contidas no lote de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, permite ao organismo de inspecção antecipar quais os requisitos que poderão vir a sofrer alterações durante a execução de um trabalho de inspecção. Caso esses requisitos sejam alterados, o organismo de inspecção deve realizar estudos de capacidade para determinar a aptidão dos seus métodos e procedimentos para os satisfazer de forma adequada.
	7.1	<ul style="list-style-type: none"> Devem ser estabelecidos objectivos da qualidade consistentes com as CTQCs associadas aos requisitos dos clientes, legais e regulamentares. Tal procedimento assegurará que os objectivos da qualidade estejam suportados em indicadores mensuráveis.
Seleção de questões importantes a serem abordadas	3.2, 3.3, 7.1, 10.5	<ul style="list-style-type: none"> A definição da abrangência do SGQ do organismo de inspecção, o conhecimento acerca das necessidades dos clientes e dos requisitos legais e regulamentares a cumprir, ou ainda a definição de objectivos da qualidade para todos os níveis e funções relevantes no seio do organismo, permitem delimitar os processos e áreas funcionais onde o desenvolvimento de acções de controlo e de melhoria é mais premente, sendo aí que a identificação de potenciais projectos Seis Sigma deverá incidir.
	7.1	<ul style="list-style-type: none"> O organismo de inspecção deve comparar os resultados alcançados no seio do seu SGQ com os objectivos da qualidade estabelecidos, para identificar potenciais projectos Seis Sigma.
	7.1, 7.2	<ul style="list-style-type: none"> As decisões relativas ao planeamento do SGQ, facilitam a definição de critérios para proceder à avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma identificados, com o intuito de seleccionar os mais promissores para a melhoria do SGQ.
Definição de objectivos e metas	7.1	<ul style="list-style-type: none"> Os objectivos da qualidade e os objectivos delineados para os projectos Seis Sigma devem ser coerentes.

Quadro IX.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Definição de objectivos e metas	7.1	<ul style="list-style-type: none"> Os resultados e níveis de melhoria alcançados, decorrentes da realização de projectos Seis Sigma, fornecem informação quantitativa para a revisão periódica dos objectivos da qualidade, atendendo aos novos níveis de desempenho.
Identificação de recursos	6.1, 7.2, 10.1, 10.2, 10.3, 10.5	<ul style="list-style-type: none"> O organismo de inspecção deve determinar e proporcionar a infraestrutura e os recursos necessários e adequados para: <ol style="list-style-type: none"> Implementar, manter e melhorar a eficácia e adequabilidade do programa Seis Sigma e a sua integração com o SGQ baseado na norma ISO/IEC 17020. Assegurar a relevância dos projectos Seis Sigma seleccionados para a melhoria contínua do SGQ e da capacidade do organismo de inspecção em produzir resultados válidos na execução dos métodos e procedimentos de inspecção. Garantir a eficácia das fases de planeamento, realização e pós-projecto dos projectos Seis Sigma seleccionados.
Identificação da estrutura organizacional, funções, responsabilidades e autoridades	7.4	<ul style="list-style-type: none"> A gestão de topo deve designar um membro da gestão, que pertença ou reporte directamente a ela, com a responsabilidade e autoridade para coordenar o programa Seis Sigma. Esse elemento é normalmente designado de “<i>Champion</i>”. Os papéis e responsabilidades inerentes à função de <i>Champion</i>, conferem-lhe características que a equiparam a um representante da gestão de topo para o sistema Seis Sigma. Deste modo, numa abordagem integrada com a ISO/IEC 17020, a função de gestor da qualidade do organismo de inspecção e a de <i>Champion</i> podem ser delegados numa mesma pessoa.
	3.2, 6.2, 6.6	<ul style="list-style-type: none"> A gestão de topo deve definir a estrutura humana para o sistema Seis Sigma, incluindo as funções a ela inerentes, que melhor se enquadrem à realidade e necessidades do organismo de inspecção. A gestão de topo deve definir e comunicar adequadamente os papéis, responsabilidades e autoridades para cada função inserida na estrutura humana do Seis Sigma.
	6.3	<ul style="list-style-type: none"> O(s) gestor(es) técnico(s) do organismo de inspecção deve(m) identificar oportunidades de melhoria e/ou de inovação nas áreas e/ou processos pelas quais é(são) responsável(is), de modo a contribuir(em) para a melhoria contínua do SGQ do organismo de inspecção. Na estrutura humana do Seis Sigma, as pessoas afectas a essas funções de gestão técnica podem desempenhar o papel de <i>Sponsor</i>.
Planeamento dos processos operacionais	7.1, 7.2	<ul style="list-style-type: none"> A metodologia de DFSS, dirigida para a morfologia de processo, pode ser utilizada para conceber, desenvolver e planear a operacionalização dos processo de realização da inspecção, bem como os processos de gestão e de suporte incluídos no SGQ do organismo de inspecção. As acções de melhoria definidas na fase de <i>Improve</i> de um projecto DMAIC, cujo âmbito incida na melhoria do desempenho das actividades acreditadas ou a acreditar do organismo de inspecção, devem ser coerentes com as decisões tomadas no planeamento do seu SGQ baseado na ISO/IEC 17020.

Quadro IX.2 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Planeamento” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Planeamento dos processos operacionais	7.1, 7.2	<ul style="list-style-type: none"> As acções de melhoria definidas na fase de <i>Improve</i> de um projecto DMAIC, cujo âmbito incida na melhoria do desempenho das actividades acreditadas ou a acreditar do organismo de inspecção, devem atender à política e objectivos da qualidade estabelecidos.
Preparação de contingência para eventos previsíveis	7.8, 11.2	<ul style="list-style-type: none"> Planos de controlo, habitualmente usados na fase de <i>Control</i> do DMAIC, podem ser desenvolvidos para detectar e corrigir atempadamente, sempre que possível, situações em que o resultado do trabalho de inspecção não esteja conforme os requisitos aplicáveis e/ou em que os procedimentos e métodos de inspecção não sejam correctamente cumpridos.
	10.8	<ul style="list-style-type: none"> O Seis Sigma, enquanto metodologia, incorpora uma conjunto de técnicas e ferramentas que podem ser utilizadas para a identificação de perigos da SST associados às actividades de inspecção (e.g., SIPOC, Análise Substância-Campo), apreciação do risco inerente a esses perigos (e.g. FMEA) e desenvolvimento de acções com vista à minimização e controlo da magnitude desses riscos (e.g. planos de controlo).

IX.3. Assunto principal “Implementação e operação”

Quadro IX.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Controlo operacional	10.1, 10.2, 10.3, 10.4, 11, 12.2, 13	<ul style="list-style-type: none"> A institucionalização de planos de controlo, um instrumento habitualmente usado na fase de <i>Control</i> do DMAIC, permite que se acompanhe o comportamento das variáveis-chave de entrada (KPIVs) e de saída (KPOVs ou CTQCs) dos processos do SGQ do organismo de inspecção, incluindo os de planeamento e realização de inspecções. Desse modo, o organismo pode detectar e corrigir atempadamente desvios significativos nos valores ou atributos requeridos para essas variáveis, salvaguardando assim o cumprimento dos requisitos aplicáveis a esses processos.
	10, 11	<ul style="list-style-type: none"> A metodologia de DFSS, independentemente do mapa usado, pode ser adoptada, por um organismo de inspecção, como o seu processo para a concepção e desenvolvimento de novos ou substancialmente melhorados, serviços de inspecção.
	9.11, 14.2, 14.3	<ul style="list-style-type: none"> A utilização de métricas do Seis Sigma, como é o caso do Nível Sigma, permite efectuar a avaliação dos fornecedores de equipamentos e serviços relevantes para a qualidade das actividades de inspecção realizadas pelo organismo, no que se refere à capacidade desses fornecedores em cumprir os requisitos especificados na compra.

Quadro IX.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Controlo operacional	9.11, 14.2, 14.3	<ul style="list-style-type: none"> A aplicação de técnicas e ferramentas oriundas do controlo estatístico da qualidade, usadas no âmbito do Seis Sigma, podem apoiar as actividades de inspecção e verificação da qualidade dos equipamentos, novos e/ou reparados, recepcionados.
	9	<ul style="list-style-type: none"> A aplicação do processo de análise do sistema de medição (MSA – <i>Measurement System Analysis</i>), no contexto do SGQ do organismo de inspecção, permite aferir se os seus sistemas de medição, onde se incluem os equipamentos e instalações, o pessoal técnico, as condições ambientais, entre outros factores, são adequados e se possuem a exactidão, fidelidade e resolução necessárias para assegurar a validade dos dados medidos durante a realização dos ensaios funcionais inerentes à execução das inspecções.
Gestão de recursos humanos	8.1, 8.2	<ul style="list-style-type: none"> O organismo de inspecção deve definir os níveis de competência requeridos, incluindo as certificações e formação específica necessárias, para todas as funções que compõem a estrutura humana do seu programa Seis Sigma, para além das funções técnicas e de gestão definidas no âmbito do SGQ baseado na ISO/IEC 17020.
	8.4	<ul style="list-style-type: none"> O organismo de inspecção deve assegurar e demonstrar, mantendo os registos necessários para tal, que as pessoas afectas a cada uma das funções da estrutura humana do programa Seis Sigma cumprem os requisitos de competência estabelecidos.
	8.3	<ul style="list-style-type: none"> A avaliação da eficácia das acções de formação, ministradas para aumentar as competências das pessoas directa e indirectamente envolvidas no programa Seis Sigma, deve ser realizada.
	6.4, 8.3	<ul style="list-style-type: none"> As necessidades de formação das pessoas envolvidas no programa Seis Sigma, incluindo daquelas que desempenham funções no âmbito do SGQ e que podem participar na realização de projectos Seis Sigma enquanto membros de equipa, devem ser identificadas com o objectivo de que todas as competências necessárias sejam atingidas.
Gestão de outros recursos	6.1, 9.1, 9.3, 9.13, 11.4	<ul style="list-style-type: none"> O organismo de inspecção deve determinar, proporcionar e manter a infraestrutura necessária para assegurar o adequado funcionamento do programa Seis Sigma e dos projectos realizados. Essa infraestrutura pode incluir, entre outros: <ul style="list-style-type: none"> a) Equipamento de apoio, incluindo <i>software</i>, para auxiliar na recolha, análise e interpretação de dados. b) Laboratórios ou outro tipo de espaços onde sejam realizadas actividades de experimentação. c) Salas e outros espaços onde as equipas multidisciplinares de projecto realizem o seu trabalho.
	9.1, 9.3	<ul style="list-style-type: none"> A identificação de factores de ruído significativos que possam influenciar negativamente as condições ambientais durante a realização das inspecções, e o desenvolvimento de medidas que minimizem o seu impacto, podem ser efectuados através da utilização de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, nomeadamente as abordagens de Projecto Técnico Robusto de Taguchi e a FMEA.

Quadro IX.3 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Implementação e operação” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Documentação e seu controlo	7.3, 7.6, 12.1	<ul style="list-style-type: none"> A gestão e controlo dos documentos e registos gerados durante a actividades de identificação, avaliação, selecção, planeamento e realização de projectos Seis Sigma, bem como naquelas que têm lugar no pós-projecto, deve proceder-se de acordo com o estipulado nos procedimentos do SGQ do organismo de inspecção acerca de controlo de documentos e controlo de registos.
	7.3	<ul style="list-style-type: none"> O Manual da Qualidade deve incluir uma descrição sobre o programa Seis Sigma implementado no organismo de inspecção e sobre o modo como este interage com o SGQ baseado na norma ISO/IEC 17020.
Comunicação	7.1, 8.5	<ul style="list-style-type: none"> Os processos de comunicação interna estabelecidos para o SGQ do organismo de inspecção, devem também assegurar a eficácia da comunicação entre as diferentes funções da estrutura humana do sistema Seis Sigma, entre os membros das equipas dos projectos Seis Sigma, e entre todos eles e os outros níveis e funções técnicas e de gestão do organismo. Os processos de comunicação devem assegurar que a transferência de conhecimento, boas práticas e lições aprendidas, actividades que decorrem na fase de pós-projecto, se efectuam eficazmente, de modo a contribuir para a melhoria contínua do programa Seis Sigma e do SGQ do organismo de inspecção.
	10.5, 16	<ul style="list-style-type: none"> Os processos de cooperação e comunicação com entidades externas, institucionalizados no SGQ do organismo de inspecção, devem fornecer um suporte eficaz para contactar e envolver os clientes e outras partes interessadas relevantes, sempre que necessário, nos diferentes estádios de um projecto Seis Sigma.
Relacionamento com fornecedores e subcontratados	9.11, 14.2, 14.3	<ul style="list-style-type: none"> O organismo de inspecção deve identificar quais os produtos e equipamentos adquiridos e os serviços contratados, que são relevantes para assegurar o cumprimento das definições operacionais associadas às CTQCs, que determinam a qualidade dos trabalhos de inspecção realizados. Relativamente aos produtos/equipamentos/serviços adquiridos com impacto significativo nas CTQCs que determinam a qualidade dos trabalhos de inspecção, o organismo deve estabelecer acções de verificação que lhe permitam concluir sobre a conformidade de cada bem/serviço adquirido, face às especificações que constam da respectiva ordem da compra. O organismo de inspecção deve avaliar e seleccionar os fornecedores dos produtos/equipamentos/serviços adquiridos com impacto significativo nas CTQCs que determinam a qualidade dos trabalhos de inspecção, com base na capacidade destes em cumprir, de forma consistente e continuada, as especificações de compra. O organismo de inspecção deve envolver, e se possível extender, o seu programa Seis Sigma aos fornecedores dos produtos/equipamentos/serviços que têm impacto nas CTQCs que determinam a qualidade dos trabalhos de inspecção. Deve ainda assegurar que os canais e processos de comunicação com estes fornecedores são eficazes.

IX.4. Assunto principal “Avaliação de desempenho”

Quadro IX.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Monitorização e medição	7.8	<ul style="list-style-type: none"> • Métricas como o Nível Sigma ou o número de defeitos por milhão de oportunidades (<i>DPMO</i>), entre outras, podem ser utilizadas para medir e monitorizar a evolução dos níveis de satisfação dos clientes relativos a um conjunto de atributos críticos que concorrem para a sua percepção sobre a qualidade da prestação dos serviços de inspecção. • A monitorização de dados e indicadores relevantes, relativos à percepção que diferentes tipos clientes têm acerca dos serviços de inspecção prestados, é uma das actividades que pode conduzir à detecção de oportunidades de melhoria e/ou inovação e, conseqüentemente, de potenciais projectos Seis Sigma, em virtude de permitir ao organismo de inspecção: <ol style="list-style-type: none"> a) Detectar falhas, erros, ou inconsistências na capacidade de satisfazer determinados requisitos dos clientes. b) Compreender a evolução das necessidades dos clientes e antecipar as suas necessidades latentes. c) Comparar a percepção dos clientes face a serviços similares disponibilizados por outros organismos de inspecção. • A análise de dados proporciona a identificação de oportunidades de melhoria e/ou de inovação e, portanto, de potenciais projectos Seis Sigma.
	9.5, 9.6, 9.9, 10.1, 10.2, 10.3, 10.6, 10.7, 11.2 11.4, 14	<ul style="list-style-type: none"> • O Seis Sigma utiliza um sistema de medição do desempenho que, através da recolha de um conjunto representativo de dados, permite monitorizar com regularidade o comportamento dos valores das variáveis-chave de entrada dos processos (KPIVs), cuja tendência central e dispersão determinarão a capacidade de um dado processo de ensaio/calibração conseguir cumprir as definições operacionais especificadas para as suas características críticas para a qualidade (CTQCs). O processo medido e monitorizado poderá ou não ser subcontratado. • A partir dos dados referentes às CTQCs, o Seis Sigma permite que se determine um conjunto amplo de métricas (Nível Sigma, <i>DPMO</i>, <i>RTY</i>, entre outras) para aferir sobre o desempenho dos processos do organismo de inspecção e os níveis de conformidade dos trabalhos de inspecção face aos requisitos aplicáveis.
	7.1, 7.8	<ul style="list-style-type: none"> • A utilização do abrangente, completo e customizável conjunto de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma, aumenta a capacidade do organismo de inspecção conseguir identificar, recolher, analisar, relacionar e interpretar um vasto leque de dados relevantes oriundos de várias fontes do seu SGQ e, desse modo, verificar se os objectivos estabelecidos para o mesmo foram ou estão a ser alcançados.

Quadro IX.4 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Avaliação de desempenho” do ISO Guide 72:2001. (*continuação*)

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Análise e tratamento de não conformidades	7.8, 10.5 c) d)	<ul style="list-style-type: none"> • A utilização de métodos de amostragem e de outras técnicas oriundas do controlo estatístico da qualidade, aumenta a capacidade de detecção atempada de não conformidades cometidas pelo organismo de inspecção na realização dos serviços. • A utilização estruturada de técnicas e ferramentas incluídas nas metodologias do Seis Sigma pode auxiliar a compreender melhor a natureza das não conformidades presentes na realização dos trabalhos de inspecção, a organizá-las e tipificá-las, a avaliar os efeitos que provocam, a determinar tendências e padrões de ocorrência, e/ou a apurar aquelas que requerem uma resolução mais urgente.
Auditorias ao sistema	7.7	<ul style="list-style-type: none"> • As conclusões das auditorias internas ao SGQ fornecem informação no sentido de identificar oportunidades de melhoria, constituindo, por isso, uma fonte de informação relevante para o organismo de inspecção identificar potenciais projectos Seis Sigma. • O organismo de inspecção deve conduzir auditorias internas em intervalos planeados ao seu sistema/programa Seis Sigma, de modo a determinar se este se mantém adequado e eficaz. • O organismo de inspecção deve considerar o planeamento e a realização de auditorias internas: <ul style="list-style-type: none"> c) Na fase de <i>Control</i> dos projectos DMAIC, com o propósito de determinar se as boas práticas institucionalizadas, resultantes das acções de melhoria definidas e implementadas na fase de <i>Improve</i>, são cumpridas de forma sistemática e se a eficácia das mesmas é mantida. d) Na fase de pós-projecto, com o propósito de determinar se os objectivos e metas planeados para um dado projecto, e se os benefícios expectáveis que levaram à selecção desse mesmo projecto, foram efectivamente alcançados.

IX.5. Assunto principal “Melhoria”

Quadro IX.5 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Melhoria” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Acções correctivas	7.8	<ul style="list-style-type: none"> As actividades contempladas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, conjuntamente com as técnicas e ferramentas disponíveis nessa fase, auxiliam a determinar a(s) causa(s)-raiz de uma não conformidade detectada no seio do SGQ do organismo de inspecção, onde se incluem aquelas detectadas na execução dos métodos e procedimentos de inspecção. Acções correctivas são definidas, planeadas, implementadas e a sua eficácia verificada durante a fase de <i>Improve</i> dos projectos Seis Sigma baseados no mapa DMAIC, de modo a garantir que a(s) causa(s)-raiz da(s) não conformidade(s) não se repete(m).
Acções preventivas	7.8	<ul style="list-style-type: none"> As actividades contempladas na fase de <i>Analyse</i> do DMAIC, conjuntamente com as técnicas e ferramentas disponíveis nessa fase, auxiliam a determinar a(s) causa(s)-raiz de uma potencial não conformidade detectada no seio do SGQ do organismo de inspecção, onde se incluem aquelas detectadas na execução dos métodos e procedimentos de inspecção. Acções preventivas, que minimizem a probabilidade de ocorrência de potenciais não conformidades, podem ser definidas, implementadas e a sua eficácia verificada na fase de <i>Improve</i> dos projectos DMAIC, ou na sequência das actividades de projecto técnico e/ou optimização, que têm lugar em projectos de DFSS.
Melhoria contínua	7.1, 7.2	<ul style="list-style-type: none"> O desenvolvimento de projectos Seis Sigma na área das actividades acreditadas ou a acreditar, assumam uma vertente DMAIC ou de DFSS, devem concorrer para a melhoria contínua do SGQ do organismo de inspecção baseado na ISO/IEC 17020. Essa melhoria pode incidir na vertente técnica relacionada com a realização dos trabalhos de inspecção e/ou na vertente dos processos de gestão e de suporte do SGQ.

IX.6. Assunto principal “Revisão pela gestão”

Quadro IX.6 – Linhas de orientação para integração do Seis Sigma com a ISO/IEC 17020, enquadrando-as nas cláusulas/subcláusulas da norma e nos elementos comuns pertencentes ao assunto principal “Revisão pela gestão” do ISO Guide 72:2001.

Elementos comuns ISO Guide 72	Cláusulas / subcláusulas ISO/IEC 17020	Seis Sigma como sistema alargado de gestão
Revisão pela gestão	7.9	<ul style="list-style-type: none"> O processo de revisão do SGQ deve incluir a avaliação da adequabilidade e eficácia do programa Seis Sigma implementado no organismo de inspecção. O processo de revisão do SGQ deve incluir, em linha com a avaliação de oportunidades de melhoria, a avaliação de potenciais projectos Seis Sigma e consequente selecção dos melhores.

Apêndice X

Linhas de orientação relativas ao processo de decomposição

Apêndice X. Linhas de orientação relativas ao processo de decomposição

X.1. Sequência da decomposição

Quadro X.1 – Linhas de orientação sobre a sequência da decomposição (fonte: Tate, 1999).

Actividades	Linhas de orientação
Distinguir entre nós a decompor e nós situados ao nível-folha.	Para determinar quando um nó corresponde a um nível folha da hierarquia, existe a opção de considerar esse nó como um nível-folha (e desta forma não o decompor mais) quando o objecto-alvo dos sub-FRs for diferente do objecto-alvo do seu FR paterno.
Identificar o próximo par FR-DP a decompor.	Para identificar o próximo par FR-DP a decompor, em cada nível da decomposição, a ordem para a definição de sub-FRs seguir a ordem indicada nas matrizes de projecto. Para identificar o próximo par FR-DP a decompor, não existe prejuízo em termos de tempo/iteração pelo facto de se decompor um ramo da hierarquia mais aprofundadamente do que outro, desde que a ordem seguida seja a aquela indicada nas matrizes de projecto.

X.2. Gerar sub-FRs

Quadro X.2 – Linhas de orientação sobre a geração de sub-FRs (fonte: Tate, 1999).

Actividades	Linhas de orientação
Desenvolver um conjunto suficiente de sub-FRs.	Para desenvolver um conjunto suficiente de sub-FRs, todas as potenciais fontes para a identificação de sub-FRs, a um determinado nível da decomposição, devem ser consideradas. Tais fontes incluem o FR parental, o DP parental, os constrangimentos (Cs) situados no nível parental, a matriz de projecto (DM) situada no nível parental (como fonte quer de potenciais Cs ou sub-FRs), e ainda o conjunto de necessidades dos clientes (CNs). Uma boa ordem de importância a atribuir a essas fontes consiste em primeiro definir os sub-FRs com base no conhecimento sobre o DP parental. Em segundo lugar, definir sub-FRs adicionais de acordo com o FR e os Cs no nível parental. Finalmente, considerar a DM situado no nível parental e as CNs. Para desenvolver um conjunto suficiente sub-FRs, um modelo para o projecto do sistema consiste em considerar os seguintes tipos de sub-FRs: processo e transporte, comando e controlo, e suporte and integração.
Descrever o DP parental.	Para desenvolver um conjunto consistente de sub-FRs, um FR que tenha por objectivo controlar a variação temporal de um DP (sequenciamento, programação, etc.) deve encontrar-se no mesmo nível de decomposição do DP que sofra alterações. Para desenvolver um conjunto consistente de sub-FRs, para conjuntos de sub-FRs que mudem dinamicamente com o tempo, o FR que vise coordenar essas mudanças deverá ser definido no nível parental desses sub-FRs. Para desenvolver um conjunto consistente de sub-FRs, devem definir-se FRs de suporte, no nível parental, quando esse suporte for necessário para múltiplos sub-DPs localizados em diferentes ramos da decomposição. A conexão entre o DP de suporte, situado num nível de decomposição mais elevado, e um determinado sub-DP que requeira esse suporte, será então assegurada por um sub-FR.

Quadro X.2 – Linhas de orientação sobre a geração de sub-FRs (fonte: Tate, 1999). (*continuação*)

Actividades	Linhas de orientação
Descrever o DP parental.	Para desenvolver um conjunto consistente de sub-FRs, a natureza dos sub-FRs que actuam sobre um mesmo objecto-alvo transitará, à medida que a decomposição progride ao longo de sucessivos níveis, de um fluxo de peças, para operações de equipamentos, para ajustamentos de equipamentos.
Formular os sub-FRs de forma neutra relativamente a qualquer solução.	Para minimizar o número de sub-FRs e para assegurar o mais possível a formulação dos FRs em ambiente de solução neutra, deve especificar-se o menor número possível de atributos no objecto-alvo transformado pelo FR parental, bem como especificar o mínimo possível de novos objectos-alvo adicionais. Para formular os FRs o mais neutralmente possível em relação a uma solução, procurar e conseguir articular múltiplos DPs alternativos permite verificar se essa neutralidade é obtida.
Minimizar o número de sub-FRs.	Para minimizar o número de sub-FRs, devem minimizar-se os estádios intermédios especificados para o objecto-alvo.

X.3. Desdobrar e refinar constrangimentos (Cs)

Quadro X.3 – Linhas de orientação sobre o desdobramento e refinamento de Cs (fonte: Tate, 1999).

Actividades	Linhas de orientação
Entender o impacto dos Cs nos sub-FRs.	Se o objectivo é o de entender o impacto dos Cs nos sub-FRs, então deve ter-se o conhecimento acerca de todos os constrangimentos aplicáveis ao nível parental. No nível de decomposição seguinte (nível filho), esses constrangimentos devem aparecer refinados sob a forma de constrangimentos ou serem reformulados como sub-FRs. Constrangimentos referentes a especificações críticas ao desempenho devem ser não negociáveis. Constrangimentos globais e de projecto podem ser negociáveis. Constrangimentos de interface e de recursos dependem das decisões tomadas relativamente aos DPs seleccionados.
Converter Cs em sub-FRs	Para converter Cs situados num nível parental em sub-FRs e para distinguir Cs de FRs, todas as especificações críticas de desempenho devem ser convertidas/refinadas em sub-FRs localizados em níveis inferiores da hierarquia; isto é, esses Cs tornam-se um subconjunto de sub-FRs situados em níveis inferiores, em vez de permanecerem como constrangimentos. Para converter Cs situados num nível parental em sub-FRs e para distinguir Cs de FRs, os constrangimentos de interface serão refinados em sub-FRs, assumindo que são aplicáveis. Para converter Cs situados num nível parental em sub-FRs e para distinguir Cs de FRs, os constrangimentos globais não serão refinados em sub-FRs, permanecendo como constrangimentos mesmo nos níveis inferiores da hierarquia. Para converter Cs situados num nível parental em sub-FRs e para distinguir Cs de FRs, os constrangimentos de projecto não serão refinados em sub-FRs, permanecendo com constrangimentos mesmo nos níveis inferiores da hierarquia. Constrangimentos de projecto podem depender das decisões tomadas relativamente aos DPs seleccionados.

X.4. Integrar sub-DPs

Quadro X.4 – Linhas de orientação sobre a integração de sub-DPs (fonte: Tate, 1999).

Actividades	Linhas de orientação
Afectar sub-DPs a componentes e recursos.	<p>DPs situados em diferentes locais da hierarquia, que desempenhem os mesmos FRs no mesmo objecto-alvo, em diferentes momentos de tempo (do ponto de vista do sistema onde decorre a operação), que se situem em diferentes locais da hierarquia, podem ser fisicamente integrados na mesma unidade.</p> <p>Para FRs que consistam em operações a serem desempenhadas simultaneamente (do ponto de vista do sistema onde decorre a operação), a níveis suficientemente inferiores da hierarquia do sistema, os recursos que incorporam os DPs devem consistir em componentes separados.</p>

X.5. Verificar consistência dos sub-FRs, sub-DPs, Cs e sub-DMs

Quadro X.5 – Linhas de orientação sobre a verificação da consistência da decomposição (fonte: Tate, 1999).

Actividades	Linhas de orientação
Determinar se as relações das matrizes de projecto (DMs) foram identificadas e documentadas	<p>Os sub-DPs constantes de uma equação de projecto não se encontram necessariamente no mesmo nível de abstracção uns dos outros. Alguns deles podem requerer uma maior decomposição do que outros.</p> <p>Os responsáveis pelas decisões de projecto têm a opção de escolher a localização mais adequada para os “X” que não digam respeito à diagonal principal das matrizes de projecto, quando o “X” representar um interface entre dois processos.</p> <p>Dada a opção de escolha sobre onde colocar o termo “X” fora da diagonal da matriz de projecto, quando se considerarem dois FRs e DPs, deve colocar-se esse termo de modo a que a parte tecnicamente mais desafiante do projecto seja executada primeiro. Isso significa que a interface entre dois subsistemas deve ser definida no subsistema cujo desenho/projecto seja mais difícil de realizar.</p>

Apêndice XI

Mapas de DFSS propostos pela literatura

Apêndice XI. Mapas de DFSS propostos pela literatura

Foram consultados 35 livros (incluindo capítulos de livros), dos quais 16 incidem predominantemente na temática do DFSS. A pesquisa dos artigos sobre DFSS foi feita através do auxílio de bases de dados científicas, nomeadamente a B-ON e o Google Scholar. Só se consideraram artigos publicados em revistas científicas, não se tendo incluído artigos em *proceedings* de congressos internacionais. Em virtude das diversas iterações de pesquisa, foram identificados múltiplos artigos, mas só 47 deles cumpriam um dos seguintes critérios, definidos *à priori*, pelo que foram englobados no estudo:

- O termo “DFSS” e/ou o termo “Design for Six Sigma” consta(m) do título, sumário (*abstract*) e/ou palavras-chave do artigo.
- O acrónimo adoptado como mapa de DFSS consta do título, sumário (*abstract*) e/ou palavras-chave do artigo.

Quadro XI.1 – Acrónimos relativos a mapas de DFSS propostos pela literatura, com indicação de quais e quantas referências adoptam cada um dos acrónimos.

Acrónimo	Tipo de bibliografia	Referências que adoptam o acrónimo	N.º referências
DMADV (<i>Define, Measure, Analyse, Design, Verify</i>).	Livros e capítulos de livros.	Pyzdek (2003a), Breyfogle III (2003), Snee e Hoerl (2003), Bertels (2003), Ginn e Varner (2004), Watson (2004), McCarty <i>et al.</i> (2004), Wang (2005), Cavanagh <i>et al.</i> (2005), Gitlow <i>et al.</i> (2006), Allen (2006), Kumar <i>et al.</i> (2006), Taghizadegan (2006), Jugulum e Samuel (2008), Lunau <i>et al.</i> (2009).	15
	Artigos científicos.	Hahn <i>et al.</i> (2000), De Feo e Bar-El (2002), Bañuelas e Antony (2003), Stahl <i>et al.</i> (2003), Fioravanti e Kaminski (2004), Gremyr (2005), Johnson <i>et al.</i> (2006), Chang e Su (2007), Cronemyr (2007), Jiang <i>et al.</i> (2007), Coleman (2008), Aggogeri (2009), Arendt (2009), Tkáč e Lyócsa (2009), Chakravorty e Franza (2009), Kuthe e Tharakan (2009), Lin <i>et al.</i> (2010), Huang <i>et al.</i> (2010), Jou <i>et al.</i> (2010), Köksal <i>et al.</i> (2011), Azis e Osada (2011).	21
ICOV (<i>Identify, Characterise, Optimise, Verify</i>).	Livros e capítulos de livros.	Yang e El-Haik (2003), El-Haik e Roy (2005), El-Haik e Al-Aomar (2006), El-Haik e Mekki (2008), El-Haik e Shaout (2010).	5
	Artigos científicos.	Mader (2002), Koziółek e Derlukiewicz (2011).	2
IDOV (<i>Identify, Design, Optimise, Validate</i>).	Livros e capítulos de livros	Brue e Launsby (2003), Tang <i>et al.</i> (2006).	2
	Artigos científicos	Goh (2002), Antony (2002), Bañuelas e Antony (2004), Amer <i>et al.</i> (2007), Hu e Antony (2007), Chung <i>et al.</i> (2008), Goh (2009), He <i>et al.</i> (2010), De Mast <i>et al.</i> (2011), Qureshi e Ashraf (2011), Baril <i>et al.</i> (2011).	11
DMEDI (<i>Define, Measure, Explore, Develop, Implement</i>).	Livros e capítulos de livros	Smith <i>et al.</i> (2002), George <i>et al.</i> (2005), Harry <i>et al.</i> (2010).	3
	Artigos científicos	Byrne <i>et al.</i> (2007).	1

Quadro XI.1 – Acrónimos relativos a mapas de DFSS propostos pela literatura, com indicação de quais e quantas referências adoptam cada um dos acrónimos. (*continuação*)

Acrónimo	Tipo de bibliografia	Referências que adoptam o acrónimo	N.º referências
DMADOV (<i>Define, Measure, Analyse, Design, Optimise, Verify</i>).	Livros e capítulos de livros		0
	Artigos científicos	Ricondo e Viles (2005), Li <i>et al.</i> (2006).	2
CDOV (<i>Concept, Design, Optimise, Verify</i>).	Livros e capítulos de livros	Urdhwareshe (2011)	1
	Artigos científicos	Hu e Pieprzak (2005).	1
DMADVI (<i>Define, Measure, Analyse, Design, Verify/Validate, Implement</i>).	Livros e capítulos de livros	Belair e O'Neill (2007).	1
	Artigos científicos		0
PIDOV (<i>Plan, Identify, Design, Optimise, Verify</i>).	Livros e capítulos de livros	Sleeper (2006).	1
	Artigos científicos		0
IDDOV (<i>Identify, Define, Develop, Optimise, Verify</i>).	Livros e capítulos de livros	Chowdhury (2003), McMunigal e Bebb (2006).	2
	Artigos científicos	Rivera <i>et al.</i> (2010), Chung e Hsu (2010).	2
DCCDI (<i>Define, Customer, Concept, Design, and Implement</i>).	Livros e capítulos de livros	Tennant (2002a).	1
	Artigos científicos	Tennant (2002b).	1
DCOV (<i>Define, Characterise, Optimise, Verify</i>).	Livros e capítulos de livros	Stamatis (2003).	1
	Artigos científicos	Stamatis (2002a), Stamatis (2002b), Soderborg (2004), Gerhorst <i>et al.</i> (2006), Kalamdani e Khalaf (2006), Erlandson (2006).	6
DMADVIC (<i>Define, Measure, Analyse, Design, Verify, Implement, Control</i>).	Livros e capítulos de livros	Schutta (2006).	1
	Artigos científicos		0
DIDOV (<i>Define, Identify, Design, Optimise, Verify, Monitor</i>).	Livros e capítulos de livros	Shenvi (2010).	1
	Artigos científicos		0
RADIOV (<i>Requirements, Architecture, Design, Integration, Optimisation</i>).	Livros e capítulos de livros	Maass e McNair (2010).	1
	Artigos científicos		0

Apêndice XII

Propostas para os planos de comprometimento e de comunicação

Apêndice XII. Planos de comprometimento e comunicação

XII.1. Proposta de “Plano de Comunicação”

Propósito/Definição: O Plano de Comunicação indica o modo como a comunicação, sobre o projecto Seis Sigma, deverá processar-se com as várias partes interessadas (elementos/entidades internos e externos, que sejam directa ou indirectamente envolvidos no mesmo).

Instruções: Identificar pessoas ou grupos de pessoas que venham a ser envolvidas ou afectadas pelo projecto Seis Sigma. Consultar directamente as partes interessadas e/ou determinar, com base no conhecimento existente, as suas principais expectativas e preocupações. Definir a estratégia de comunicação com base neste exercício.

Quadro XII.1 – Plano de comunicação.

Papel / Função	Quem (Nomes de pessoas ou grupos)	Principais expectativas e anseios	Estratégia de comunicação (Quando e como deverá ocorrer a comunicação)
Alta Direcção			
Champion(s)			
Sponsor(s)			
Master Black Belt(s)			
Black Belt(s)			
Green Belt(s)			
Membros de equipas de projecto			
Clientes			
Outras Partes Interessadas			

XII.2. Proposta de “Plano de Comprometimento”

Propósito / Definição: Permite a identificação de pessoas, ou grupos de pessoas, cujo comprometimento, relativamente ao projecto Seis Sigma, seja necessário.

Instruções:

1. Listar as pessoas ou grupo de pessoas cujo comprometimento seja necessário assegurar.
2. Assinalar com o símbolo “O” o nível de comprometimento desejado para a pessoa ou grupo de pessoas em análise.
3. Assinalar com o símbolo “X” o actual nível de comprometimento demonstrado pela pessoa ou grupo de pessoas em análise.
4. Unir com uma seta as células com a simbologia “X” e a simbologia “O”.
5. Desenvolver um plano com o objectivo de minimizar o desvio entre o nível de comprometimento existente e o nível de comprometimento desejado.
6. Criar um processo de monitorização sobre o progresso em obter e suste o seu comprometimento.

Quadro XII.2 – Plano de comprometimento.

	Pessoas ou grupos de pessoas			
Nível de comprometimento				
Apoio entusiástico <i>Prestará um apoio muito forte</i>				
Colaborante <i>Prestará apoio adequado</i>				
Hesitante <i>Prestará ajuda, mas com algumas reservas</i>				
Indiferente <i>Não ajudará, a iniciativa não lhe diz nada</i>				
Não cooperante <i>Terá uma postura de oposição não declarada</i>				
Opositor <i>Demonstrará uma postura de oposição</i>				
Hostil <i>Criará obstáculos à percussão da iniciativa</i>				

Apêndice XIII

Utilização de um amplo conjunto de técnicas e ferramentas nos mapas DMAIC e DMA(DV)C propostos no modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma

Apêndice XIII. Utilização de um amplo conjunto de técnicas e ferramentas nos mapas DMAIC e DMA(DV)C propostos no modelo de gestão do ciclo de vida de projectos Seis Sigma

XIII.1. Mapa metodológico DMAIC

Quadro XIII.1 – Aplicabilidade um conjunto de técnicas/ferramentas relevantes no mapa DMAIC.

Técnica ou ferramenta	<i>Define</i>	<i>Measure</i>	<i>Analyse</i>	<i>Improve</i>	<i>Control</i>
Diagrama de Pareto	R	S	S	S	
Diagrama de Ishikawa			R		
Gráfico de tendência	S	S			
Histograma		R	R	S	
Diagrama de afinidades	S				
Diagrama de interrelações			S		
Matriz de prioridades	S		S	R	
Matriz de relações	S	S	S	S	
Matriz de causa-efeito			S		
<i>Brainstorming</i>			S	R	
Inquéritos / questionários	S				
Entrevistas presenciais	S				
5W1H					R
Testes de hipóteses	S		R	S	
Análise de variância (ANOVA)	S		R	S	
Técnicas de correlação e regressão			R		
Diagrama de caixas		S	S		
Testes de verificação Distribuição Normal		R	R		
Árvore de CTQCs	R	S			
Tabela de CTQCs	S				
<i>In-Scope/Out-of-Scope</i>	S				
Diagrama de sistemas	S			S	
Cinco porquês (5 <i>Whys</i>)			R		
Análise do sistema de medição (MSA)		R		S	
Diagrama SIPOC	R				
Controlo estatístico do processo (SPC)		S	S		R
Estudos de capacidade		R		R	
Desenho de experiências (DOE)				R	
Desdobramento da função qualidade (QFD)	S				
<i>Value stream mapping</i> (VSM)	R _L		S _L	S _L	
5S				R _L	R _L
<i>Poke yole</i>				S	S
Análise modal de falhas e seus efeitos (FMEA)				R	S
<i>Benchmarking</i>		S		S	
Plano de controlo					R

Chave: R – Técnica/ferramenta recomendada, pelo facto de ser normalmente utilizada na fase indicada.

S – Técnica/ferramenta sugerida, pelo facto de ser aplicável à fase indicada.

R_L – Técnica ferramenta normalmente utilizada na fase indicada, num contexto de *Lean Six Sigma*.

S_L – Técnica/ferramenta aplicável à fase indicada, num contexto de *Lean Six Sigma*.

XIII.2. Mapa metodológico DMA(DV)C

Quadro XIII.2 – Aplicabilidade um conjunto de técnicas/ferramentas relevantes no mapa DMA(DV)C.

Técnica ou ferramenta	<i>Define</i>	<i>Measure</i>	<i>Analyse</i>	<i>Design</i>	<i>Verify</i>	<i>Control</i>
Diagrama de Pareto	R	S	S			
Diagrama de Ishikawa			R			
Gráfico de tendência	S	S				
Histograma		R	R		S	
Diagrama de afinidades	R					
Matriz de prioridades	S		S	S		
Matriz de relações	S	S	S	S		
Matriz de causa-efeito			S			
<i>Brainstorming</i>			S	R		
Inquéritos / questionários	S			S		
Entrevistas presenciais	S			S		
5W1H						R
Testes de hipóteses	S		R			
Análise de variância (ANOVA)	S		R			
Técnicas de correlação e regressão			R			
Diagrama de caixas		S	S			
Testes de verificação Distribuição Normal		R	R			
Árvore de CTQCs	R	S		S		
Tabela de CTQCs	S					
<i>In-Scope/Out-of-Scope</i>	S					
Diagrama de sistemas	S			S		
Cinco porquês (5 <i>Whys</i>)			R			
Análise do sistema de medição (MSA)		R			S	
Modelo de Kano				S		
Método de Pugh				S		
TRIZ				S		
Diagrama SIPOC	R					
Controlo estatístico do processo (SPC)		S	S			S
Desenho de experiências (DOE)					S	
Desdobramento da função qualidade (QFD)	R			S		
Projecto axiomático				R	S	
<i>Design structure matrix</i> (DSM)				S		
Projecto robusto de Taguchi						
<i>Poke yole</i>				S	S	S
Análise modal de falhas e seus efeitos de projecto (DFMEA)				S	S	S
<i>Design Scorecard</i>				S	R	
<i>Benchmarking</i>		S		S	S	
Plano de controlo						R

Chave: R – Técnica/ferramenta recomendada, pelo facto de ser normalmente utilizada na fase indicada.
S – Técnica/ferramenta sugerida, pelo facto de ser aplicável à fase indicada.

Apêndice XIV

Anexos referentes ao caso de aplicação na STML

Apêndice XIV. Anexos referentes ao caso de aplicação na STML

XIV.1. Etapas do projecto de desenvolvimento e implementação de um sistema de gestão da qualidade baseado na norma ISO 9001 e sua certificação

- 1) Elaboração e aprovação da Política da Qualidade.
- 2) Levantamento dos processos-chave da STML.
- 3) Desenho dos processos-chave.
- 4) Desenho da rede de processos-chave.
- 5) Formação aos colaboradores nos processos-chave da STML.
- 6) Implementação prévia dos processos-chave.
- 7) Primeira reunião de revisão pela gestão do SGQ.
- 8) Elaboração do Manual de Gestão da Qualidade.
- 9) Elaboração do Manual de Processos.
- 10) Elaboração dos Procedimentos do SGQ.
- 11) Elaboração das Instruções de Trabalho (ITs).
- 12) Elaboração dos Modelos de Registo.
- 13) Aprovação e distribuição dos documentos do SGQ.
- 14) Formação sobre os Processos, Procedimentos e IT's.
- 15) Implementação efectiva de todo o SGQ.
- 16) Realização da primeira auditoria interna.
- 17) Seguimento da auditoria interna: definição de correcções, acções correctivas e acções preventivas e verificação da eficácia das mesmas.
- 18) Segunda reunião de revisão pela gestão do SGQ.
- 19) Abertura do processo de certificação.
- 20) Realização da segunda auditoria interna e respectivo seguimento.
- 21) Realização da auditoria de concessão pela entidade certificadora.

XIV.2. Template da ficha de processo adoptado na STML

Logotipo da empresa	Nome do processo			Ref. ^a do processo		Edição	Revisão		
	Cláusulas ISO 9001 aplicáveis	Gestor do Processo	Indicadores-chave (KPIs)	Periodicidade de cálculo					
Objectivo do processo				Interfaces com outros processos					
DESCRIÇÃO DO PROCESSO									
Fornecedores (Suppliers)	Entradas (Inputs)	Processo (Process)	Saídas (Outputs)	Clientes (Customers)	Responsabilidades				Documentos
					R	A	C	I	

Figura XIV.1 – Estrutura da ficha de mapeamento de processos, utilizada pela STML no âmbito do seu SGQ, incorporando o diagrama SIPOC e a matriz de responsabilidades RACI.

XIV.3. Descrição dos processos-chave da STML

Quadro XIV.1 – Sumário dos processos-chave do sistema de gestão da qualidade da STML.

Nome do processo	Referência	Objectivo do processo	Cláusula(s) da norma ISO 9001
Planeamento, melhoria e controlo do SGQ.	SIPOC-G-01	Assegurar a consistência e contínua adequação, eficácia e eficiência do SGQ, através da detecção e adequado tratamento de não conformidades e potenciais não conformidades, da identificação e aproveitamento de oportunidades de melhoria e de inovação e do desenvolvimento e implementação de planos de acção que materializem eventuais alterações ao SGQ (incluindo a Política e os objectivos da qualidade).	4.1, 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5, 5.6, 6.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5.
Concepção e desenvolvimento.	SIPOC-O-01	Assegurar a realização das actividades de C&D de novos serviços, a prestar pela STML, ou de reconcepção de serviços já prestados pela empresa, de modo a garantir a sua aptidão para a ir ao encontro de todos os requisitos críticos aplicáveis, incluindo as necessidades dos clientes e os requisitos legais e regulamentares.	7.3.
Comercial.	SIPOC-O-02	Garantir a realização efectiva e sistemática das actividades de preparação e gestão de propostas, a partir do recebimento de uma consulta por parte do cliente, até à eventual adjudicação do serviço.	5.2, 7.2.1, 7.2.2, 7.2.3.
Realização do serviço.	SIPOC-O-03	Assegurar a realização das actividades inerentes ao planeamento, execução e conclusão dos trabalhos operacionais, garantindo a qualidade dos resultados, de modo a que os requisitos dos clientes sejam assegurados.	6.2, 6.3, 6.4, 7.1, 7.2.2, 7.5.1, 7.5.3, 7.5.4, 7.5.5, 7.6, 8.2.3, 8.2.4, 8.3.
Facturação.	SIPOC-O-04	Sistematizar, de uma forma eficaz, as actividades de facturação e da cobrança, de modo a que todas as condições acordadas no processo comercial sejam garantidas.	7.2.3, 7.5.3, 8.2.1.
Recursos humanos e formação dos colaboradores.	SIPOC-S-01	Descrever as actividades e definir responsabilidades inerentes à garantia de disponibilidade de recursos humanos, bem como à identificação e satisfação das necessidades de formação dos colaboradores da STML.	5.5.1, 6.1, 6.2.
Compras.	SIPOC-S-02	Descrever as condições e os critérios a adoptar na gestão dos fornecimentos de bens e de serviços subcontratados, de modo a assegurar que os requisitos da qualidade sejam correctamente especificados e controlados.	6.1, 6.3, 7.4.

XIV.4. Transcrição do procedimento do sistema PS-08-02 – “Auditorias internas”

1 – Âmbito

Este procedimento insere-se nas actividades de medição, análise e melhoria do sistema de gestão da qualidade da STML–Engenharia de Manutenção, Lda., através de acções planeadas e independentes de avaliação interna, baseadas em evidências objectivas, denominadas por auditorias. O âmbito das auditorias internas, contidas neste procedimento, abrange também o programa Seis Sigma e os projectos que deste decorrem.

2 – Objectivo

O objectivo deste procedimento é o de estabelecer os métodos e as regras para a programação, planeamento, realização, encerramento e seguimento de auditorias internas:

- Ao sistema de gestão da qualidade (SGQ) da STML.
- Ao programa Seis Sigma e ao modo com este se articula com o SGQ.
- A projectos Seis Sigma que se encontrem em fase de pós-projecto.

Pretende-se com este procedimento que as auditorias internas contribuam para a melhoria contínua da eficácia e da adequabilidade do SGQ, do programa Seis Sigma e sua integração.

3 – Referências

3.1 – Internas

- Manual de Gestão da Qualidade – Secção 8.2.2 – *Auditorias internas*.
- Processo SIPOC-O-01 – *Concepção e desenvolvimento*.
- Procedimento do Sistema – PS-05-01 – *Revisão periódica do sistema de gestão da qualidade*.
- Procedimento do Sistema – PS-06-01 – *Responsabilidades, autoridades e competências*.
- Procedimento do Sistema – PS-08-04 – *Acções correctivas e preventivas*.
- Procedimento do Sistema – PS-08-05 – *Projectos de melhoria contínua*.

3.2 – Externas

- Norma NP EN ISO 9000:2005 – *Sistemas de gestão da qualidade: Fundamentos vocabulário*.
- Norma NP EN ISO 9001:2008 – *Sistemas de gestão da qualidade: Requisitos*.
- Norma NP EN ISO 19011:2003 – *Linhas de orientação para auditorias a sistemas de gestão da qualidade e/ou de gestão ambiental*.

4 – Cláusulas/subcláusulas aplicáveis da norma NP EN ISO 9001:2008

8.2.2 Auditorias internas.

8.5.2 Acções correctivas.

5 – Procedimento

5.1 – Contextualização

Uma auditoria interna consiste numa avaliação, independente, baseada em factos/evidências e de periodicidade planeada, realizada em nome da STML, ao seu sistema de gestão, ou a elementos

específicos deste, de modo a determinar a sua conformidade relativamente aos requisitos, procedimentos e políticas aplicáveis ao âmbito dessa auditora.

O sistema de gestão da STML abrange o sistema de gestão da qualidade, o programa Seis Sigma e a articulação entre ambos (figura XIV.2).

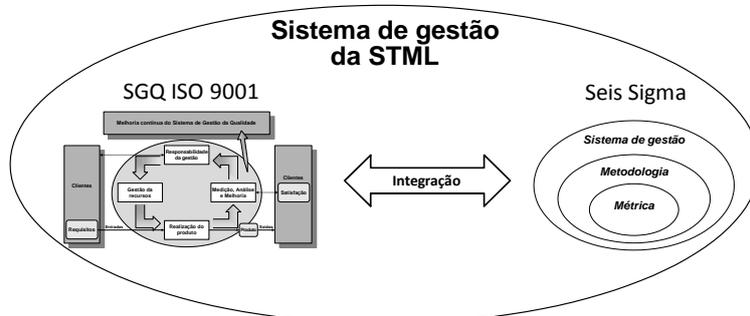


Figura XIV.2 – Enquadramento do SGQ e do programa Seis Sigma.

As auditorias internas realizadas, podem enquadrar-se num dos seguintes tipos (quadro XIV.2):

- *Auditoria combinada.* Auditoria feita conjuntamente ao sistema de gestão da qualidade, baseado na norma NP EN ISO 9001:2008, ao programa Seis Sigma e à integração entre ambos. Ocorrem com uma periodicidade mínima de 1 ano.
- *Auditoria de sistema.* Auditoria feita, individualmente, ao sistema de gestão da qualidade, tendo por base os requisitos da norma NP EN ISO 9001:2008. Ocorrem com uma periodicidade mínima de 1 ano.
- *Auditoria de conformidade.* Auditoria feita a um processo, serviço, procedimento, instrução de trabalho, área funcional, ou instalações da STML. Auditorias a projectos Seis Sigma, que se encontram na fase de pós-projecto, também se enquadram neste tipo de auditorias. As auditorias de conformidade não têm periodicidade mínima obrigatória.

Quadro XIV.2 – Tipificação das auditorias internas.

Tipo de auditoria	Objecto da auditoria
Auditoria combinada	Sistema de Gestão da STML (SGQ + Programa Seis Sigma).
Auditoria de sistema	Sistema de Gestão da Qualidade (SGQ).
Auditoria de conformidade	Projecto Seis Sigma concluído, em fase de pós-projecto. Processo. Serviço. Procedimento ou Instrução de Trabalho.

As equipas auditoras são propostas pelo Responsável da Qualidade, devendo este salvaguardar a independência dos seus elementos em relação ao objecto da auditoria interna. O Gestor da STML aprova a constituição das equipas auditoras, a qual respeita o indicado no quadro XIV.3.

A equipa auditora é liderada por um auditor coordenador, cujos requisitos mínimos exigidos, para cada situação são aqueles que constam do quadro XIV.4. Este poderá ser acompanhado por outro(s) auditor(es) que, no caso das auditorias de conformidade, um deles (denominado por auditor técnico) terá que ser perito na área de conhecimento do processo, serviço ou área a auditar. Os requisitos mínimos, para este auditor técnico, também constam do quadro XIV.4.

Quadro XIV.3 – Constituição das equipas auditoras por tipo de auditoria.

Auditoria combinada	Auditoria de sistema	Auditoria de conformidade
Auditor coordenador (obrigatório)	Auditor coordenador (obrigatório)	Auditor coordenador (obrigatório)
Auditor técnico (não obrigatório)	Auditor técnico (não obrigatório)	Auditor técnico (obrigatório)
Auditor ¹ (não obrigatório)	Auditor ¹ (não obrigatório)	Auditor ¹ (não obrigatório)

¹ O auditor coordenador pode ser acompanhado por um ou mais auditores, não técnicos, com competência adequada.

Quadro XIV.4 – Requisitos mínimos de competência para os auditores internos.

Auditor Coordenador	Auditor Técnico	Auditor
<u>Habilitações académicas</u> Formação superior (licenciatura, bacharelato ou equivalente) concluída.	<u>Habilitações académicas</u> 12º ano de escolaridade concluído.	<u>Habilitações académicas</u> 12º ano de escolaridade concluído.
<u>Formação específica</u> Para auditorias ao SGQ: formação em “auditorias da qualidade, com um mínimo de 40 horas (teórico-prática) e formação na série de normas ISO 9000, com um mínimo de 30 horas de teoria. Para auditorias combinadas, envolvendo o programa Seis Sigma: formação ao nível de <i>Green Belt</i> , ou 80 horas formação em Seis Sigma.	<u>Formação específica</u> Curso(s) de especialização na área técnica a auditar, com a duração total mínima de 90 horas. Especificamente, quando a auditoria de conformidade é realizada a projectos Seis Sigma em pós-projecto: 24 horas de formação em Seis Sigma.	<u>Formação específica</u> Formação na série de normas ISO 9000, com um mínimo de 30 horas de teoria.
<u>Experiência profissional</u> Para auditorias ao SGQ: pelo menos 4 auditorias da qualidade nos últimos 3 anos. Para auditorias combinadas, envolvendo o programa Seis Sigma: coordenação de um projecto Seis Sigma concluído com êxito.	<u>Experiência profissional</u> Pelo menos 2 anos de experiência profissional na área técnica a auditar. Especificamente, quando a auditoria de conformidade é realizada a projectos Seis Sigma em pós-projecto: participação, como membro de equipa, em pelo menos 2 projectos Seis Sigma.	<u>Experiência profissional</u> Não aplicável.

5.2 – Procedimento para auditorias de sistema e auditorias combinadas

Qualquer auditoria de sistema, ou de auditoria combinada, implica que as seguintes fases sejam consumadas:

1. Programação das auditorias internas.
2. Planeamento da auditoria interna.
3. Realização da auditoria interna.
4. Elaboração do relatório da auditoria interna.
5. Seguimento da auditoria interna.

5.2.1 – Programação das auditorias internas

No último trimestre de cada ano, o Responsável da Qualidade elabora, preenchendo o modelo de impresso STML-034, o programa de auditorias internas para o ano seguinte, tendo este programa

que ser aprovado pelo Gestor da STML. Do programa constam o número e os tipos de auditorias previstas realizar, as datas previstas para a sua realização e a constituição das equipas auditoras. Quando aprovado, é enviada uma cópia do programa de auditorias internas para os seguintes elementos: Coordenador Técnico, Gestor Comercial e Gestores de Processo.

5.2.2 – Planeamento da auditoria interna

Para cada auditoria programada, a equipa auditora elabora o “Plano de auditoria interna” (modelo de impresso STML-008). Após ser elaborado, o auditor coordenador entrega o plano ao Responsável da Qualidade até uma semana antes da data do início prevista para a auditoria interna. O Responsável da Qualidade analisa o “Plano de auditoria interna”, propondo, se necessário, ajustes ao mesmo junto do auditor coordenador, antes de proceder à sua aprovação.

5.2.3 – Realização da auditoria interna

A metodologia adoptada, pela equipa de auditoria, para a realização da auditoria interna, qualquer que seja o seu tipo, tem por base o conteúdo da norma NP EN ISO 19011:2003. Para auditorias ao sistema de gestão da qualidade, a equipa auditora baseia-se também na norma de referência NP EN ISO 9001:2008, nos documentos do SGQ aplicáveis ao âmbito da auditoria e noutros documentos aplicáveis à actividade abrangida pelo SGQ. Para o caso das auditorias combinadas, a equipa auditora baseia-se na documentação do SGQ que descreve a articulação com o programa Seis Sigma, a qual contempla, em alguns casos, aspectos específicos desse programa.

Em qualquer dos casos, a equipa auditora poderá utilizar a “Lista de verificação de auditoria interna” (modelo de impresso STML-011) que, para além de conter os requisitos da NP EN ISO 9001:2008 que devem ser verificados, descreve os requisitos do programa Seis Sigma e da sua integração com o SGQ, cujo cumprimento deve ser assegurado. Todas as pessoas, internas e externas à STML, que estão envolvidas nas actividades auditadas, assinam o “Registo de participação em auditoria interna” (modelo de impresso STML-009).

Cada auditoria interna deve incluir uma reunião prévia, antes de se dar início à sua realização, e uma reunião final, que marca o encerramento da auditoria. Na reunião inicial, a equipa auditora e auditados reúnem-se para discutir a programação das actividades da auditoria constantes do “Plano de auditoria interna”. Na reunião final, discutem as constatações detectadas no decurso da auditoria.

5.2.4 – Elaboração do relatório da auditoria interna

Terminada a fase anterior, a equipa auditora, sob a direcção do auditor coordenador, elabora e assina o “Relatório de Auditoria Interna” (modelo de impresso STML-010), que contém a folha de rosto, o resumo da auditoria auditoria e as folhas de constatação (uma folha para cada constatação). As constatações são classificadas em três tipos, consoante o seu grau de gravidade:

- Não conformidade maior (M) – Incumprimento completo de um critério de auditoria.
- Não conformidade menor (m) – Incumprimento parcial de um critério de auditoria.
- Observação (O) – Potencial não conformidade ou oportunidade de melhoria.

O “Relatório de Auditoria Interna”, após ter sido elaborado, é entregue ao Responsável da Qualidade que assina os campos do mesmo que lhe estão destinados. O Responsável da Qualidade fica com o original do “Relatório de Auditoria Interna”, cabendo-lhe fornecer uma cópia do mesmo ao auditor coordenador e ao Coordenador Técnico.

Os resultados das auditorias internas, combinadas e de sistema, são dados a conhecer ao Gestor da STML, sendo uma das entradas para a revisão pela gestão, que se processa de acordo com o procedimento “Revisão periódica do sistema de gestão da qualidade”, referência PS-05-01.

5.2.5 – Seguimento da auditoria interna

Ao Responsável da Qualidade compete garantir que, no prazo máximo de 1 mês após a data de conclusão da auditoria interna, as acções correctivas, para todas as constatações detectadas na auditoria interna, estão estabelecidas, os responsáveis pela sua implementação estão definidos e o prazo de implementação também. O tratamento individual de cada constatação, detectada em auditoria interna, é registado na folha de constatação do “Relatório de auditoria interna” (modelo de impresso STML-010). Para as constatações que sejam não conformidades, maiores ou menores, o seu tratamento deve ainda respeitar o estabelecido no procedimento “Acções correctivas e preventivas”, referência PS-08-04.

É da responsabilidade da área, função organizacional ou processo auditado(a) definir e propor as acções correctivas a implementar, de modo a eliminar ou a minimizar a(s) causa(s) de cada constatação. O Responsável da Qualidade, após verificar as acções correctivas propostas, aprova-as ou não.

A eficácia das acções correctivas tem sempre que ser confirmada, antes que cada folha de constatação possa ser encerrada. A verificação da eficácia da implementação das acções correctivas é, pois, assinalada nas folhas de constatação originais, sendo feita:

- Na próxima auditoria interna programada, do mesmo tipo, para o caso de acções correctivas que não necessitem de uma auditoria de seguimento.
- ou
- Se o Gestor da STML assim entender, dada a gravidade da não conformidade, numa auditoria de seguimento, após a data limite indicada para a implementação.

A eficácia das acções correctivas é confirmada através da assinatura do auditor coordenador da próxima auditoria programada, ou, se for o caso, da auditoria de seguimento. Auditoria de seguimento é uma auditoria que tem o objectivo de avaliar a adequabilidade e a eficácia da implementação das acções correctivas decorrentes de constatações assinaladas em auditorias anteriores.

Os resultados relativos ao seguimento das auditorias internas são dados a conhecer ao Gestor da STML, sendo uma das entradas para a revisão pela gestão, que se processa de acordo com o procedimento “Revisão periódica do sistema de gestão da qualidade”, referência PS-05-01.

5.3 – Procedimento para auditorias de conformidade

As auditorias de conformidade têm um âmbito mais delimitado do que as auditorias combinadas e as auditorias de sistema. São dirigidas para a avaliação de uma parte específica do SGQ, ou do programa Seis Sigma. Relativamente às auditorias de conformidade, a nível do SGQ, estas podem dividir-se em:

- *Auditorias ao processo* – Pretendem examinar o cumprimento das actividades planeadas para um determinado processo, a adequabilidade e conformidade dos métodos aí empregados e dos meios e recursos nele utilizados, bem como a eficácia dos resultados alcançados.

- *Auditorias ao serviço* – Pretendem avaliar a conformidade dos resultados de serviço, face aos requisitos especificados para as características da qualidade inerentes a esse serviço.
- *Auditorias ao procedimento ou à instrução de trabalho* – Pretendem aferir sobre o efectivo e correcto cumprimento de um determinado procedimento ou instrução de trabalho.

No âmbito do programa Seis Sigma, estão também previstas auditorias internas a projectos Seis Sigma que tenham já sido concluídos e que se encontrem na fase de pós-projecto. O objectivo deste tipo de auditorias de conformidade é o de avaliar se:

- A metodologia utilizada e as práticas adoptadas durante o planeamento e realização de um determinado projecto Seis Sigma, no caso de o projecto ser de melhoria contínua (Seis Sigma DMAIC), foram efectivamente aquelas que estão previstas no procedimento “Projectos de melhoria contínua”, referência PS-08-05.
- A metodologia utilizada e as práticas adoptadas durante o planeamento e realização de um determinado projecto Seis Sigma, no caso de o projecto ser de inovação (DFSS), foram efectivamente aquelas que estão previstas no processo “Concepção e desenvolvimento”, referência SIPOC-O-01.
- Os objectivos definidos para um determinado projecto Seis Sigma, seja este de melhoria contínua ou de inovação, foram satisfatoriamente alcançados.

O procedimento, associado aos diferentes tipos de auditorias de conformidade, envolve as seguintes fases:

1. Definição do tipo de auditoria de não conformidade a realizar.
2. Planeamento da auditoria interna.
3. Realização da auditoria interna.
4. Elaboração do relatório da auditoria interna.
5. Seguimento da auditoria interna.

As fases 2 a 5 desenrolam-se de acordo com exposto no ponto 5.2 deste procedimento.

6 – Responsabilidades

6.1 – Gestor da STML (Liderança executiva no programa Seis Sigma)

- Aprovar “Programa de auditorias internas” (modelo de registo STML-034) elaborado e proposto pelo Responsável da Qualidade.
- Aprovar as acções correctivas que envolvam necessidades de investimento e/ou de contratação de meios humanos.
- Aprovar a realização de eventuais auditorias de seguimento consideradas necessárias pelo Responsável da Qualidade.

6.2 – Responsável da Qualidade (*Champion* no programa Seis Sigma)

- Elaborar o “Programa de auditorias internas” (modelo de impresso STML-034) no último trimestre do ano anterior àquele a que o programa diz respeito.
- Indicar a constituição das equipas auditoras para as auditorias constantes do programa.

- Verificar e aprovar as acções correctivas propostas para fazer face às causas das constatações assinaladas no “Relatório de auditoria interna” (modelo de impresso STML-010).
- Garantir que as acções correctivas são estabelecidas até um período máximo de 1 mês, após a data de conclusão da auditoria interna.
- Identificar a necessidade de realização de eventuais auditorias de seguimento.

6.3 – Coordenador Técnico, Gestor Comercial e Gestores de Processo (*Sponsors* no programa Seis Sigma)

- Colaborar na preparação e realização das auditorias internas.
- Analisar as causas das constatações detectadas na auditoria, que se insiram em actividades ou áreas da sua esfera de competências.
- Definir e propor a implementação de acções correctivas, que incidam na(s) causa(s) das constatações detectadas na auditoria, que se insiram em actividades ou áreas da sua esfera de competências..

6.4 – Equipa Auditora da auditoria interna

- Elaborar o “Plano de auditorias interna” (modelo de impresso STML-008).
- Realizar a auditoria interna, de acordo com o planeado, sob direcção do auditor coordenador.
- Elaborar o “Relatório de auditoria interna” (modelo de impresso STML 010).

6.5 – Participantes da auditoria interna

- Colaborar na realização da auditoria interna e assinar o “Registo de participação em auditoria interna” (modelo de impresso STML-009).

7 – Modelos de impresso aplicáveis ao cumprimento deste procedimento

Quadro XIV.5 – Modelos de impressos aplicáveis no âmbito do procedimento.

Código	Título do Modelo do Impresso	Responsabilidade pelo preenchimento (registo)	Responsabilidade pelo arquivo do registo
STML-008	Plano de Auditoria Interna	Auditor coordenador	Responsável da Qualidade
STML-009	Registo de Participação em Auditoria Interna	Auditado(s) + Equipa auditora	Responsável da Qualidade
STML-010	Relatório de Auditoria Interna	Equipa auditora	Responsável da Qualidade
STML-011	Lista de verificação de auditoria interna	Equipa auditora	Responsável da Qualidade
STML-034	Programa de Auditorias Internas	Responsável da Qualidade	Responsável da Qualidade

XIV.5. Transcrição do modelo de impresso STML-011 – “Lista de verificação de auditoria interna”

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna.

Cláusula(s):	4.1	Requisitos gerais		
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	Os processos da organização estão identificados.			
ISO 9001	Os processos identificados encontram-se mapeados e as suas actividades descritas.			
ISO 9001	Os recursos e as responsabilidades pela execução de cada actividade de um processo estão definidos.			
ISO 9001	A responsabilidade pela gestão de cada processo encontra-se atribuída.			
ISO 9001	Para cada processo existem indicadores-chave de desempenho definidos.			
ISO 9001	Os indicadores-chave de desempenho de cada processo são recolhidos, tratados e analisados periodicamente.			
ISO 9001	A interrelação entre os vários processos da organização encontra-se efectuada.			
6 Sigma + ISO 9001	A eficácia e eficiência dos processos são periodicamente analisados, levando à identificação de oportunidades de melhoria.			
6 Sigma + ISO 9001	Existem evidências de acções que tenham por objectivo a melhoria da eficácia e eficiência dos processos da organização.			
Cláusula(s):	4.2.1	Requisitos de documentação – Generalidades		
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	Existe uma estrutura documental do SGQ que é clara, lógica e onde os diferentes níveis e tipos de documentos e registos se encontram objectivamente identificados.			
ISO 9001	A estrutura documental do SGQ contempla todos os documentos relevantes de origem externa, incluindo os registos, estando estes identificados.			
ISO 9001	A estrutura documental inclui uma declaração documentada da Política da Qualidade assinada pela gestão de topo.			
ISO 9001	A estrutura documental inclui declaração(ões) documentada(s) sobre os objectivos da qualidade.			
ISO 9001	A estrutura documental inclui um Manual de Gestão da Qualidade (MGQ), que se encontra actualizado.			
ISO 9001	A estrutura documental inclui todos os procedimentos documentados e os registos requeridos pela norma ISO 9001.			
ISO 9001	Os documentos, incluindo os modelos de registo, inseridos na estrutura documental são adequados e suficientes ao eficaz funcionamento do SGQ.			
ISO 9001	Existem instruções de trabalho e/ou outros documentos de natureza técnico-operacional acessíveis aos colaboradores que executam essas actividades, nos locais apropriados.			
6 Sigma + ISO 9001	Os documentos e registos, inseridos na estrutura documental, são suficientes e adequados ao eficaz funcionamento do programa Seis Sigma.			
Cláusula(s):	4.2.2	Manual da Qualidade		
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	O SGQ encontra se descrito no Manual de Gestão da Qualidade (MGQ).			
ISO 9001	O MGQ está aprovado pelo órgão máximo da gestão da organização.			
ISO 9001	O MGQ inclui o campo de aplicação do SGQ, o âmbito da certificação e a justificação de eventuais exclusões da secção 7 da norma ISO 9001.			
ISO 9001	O MGQ inclui ou referencia os procedimentos aplicáveis, garantindo a rastreabilidade documental do SGQ.			
ISO 9001	O MGQ contempla uma descrição da interacção dos processos da organização.			
6 Sigma + ISO 9001	O MGQ contém uma descrição actualizada do programa Seis Sigma e do modo como este se articula com o SGQ.			

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):	4.2.3	Controlo de documentos	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Existe um procedimento documentado e actualizado sobre “controlo de documentos”		
ISO 9001	A documentação do SGQ encontra-se actualizada, devidamente identificada, organizada e acessível a quem dela necessite.		
ISO 9001	As assinaturas de elaboração, verificação e aprovação dos documentos estão coerentes com as responsabilidades e autoridades estabelecidas no no SGQ.		
ISO 9001	Está acessível uma lista de controlo dos documentos em vigor, com o respectivo estado de edição/revisão.		
ISO 9001	As alterações aos documentos do SGQ são registadas, sendo verificadas e aprovadas pelas funções competentes para tal.		
ISO 9001	Os documentos do SGQ encontram-se controlados, havendo uma lista de distribuição actualizada que permite rastrear os exemplares existentes e os seus detentores.		
ISO 9001	A codificação de todos os documentos é efectuada conforme o estabelecido no procedimento documentado sobre “controlo de documentos”.		
ISO 9001	Os documentos, necessários ao correcto desempenho das diferentes funções organizacionais, estão acessíveis a todo o pessoal que as realizam.		
ISO 9001	O tratamento dado aos documentos obsoletos corresponde ao previsto no procedimento documentado sobre “controlo de documentos”.		
ISO 9001	Os documentos de origem externa (legislação, normas, regulamentos, relatórios da entidade inspectora, procedimentos da concessionária de gás, etc.) são devidamente controlados.		
ISO 9001	As regras sobre confidencialidade, protecção de edição e restrições de acesso estão estabelecidas, são sistematicamente cumpridas e demonstram ser eficazes.		
6 Sigma + ISO 9001	As regras definidas no procedimento documentado sobre “controlo de documentos” são empregadas de forma sistemática na gestão da documentação usada ou produzida durante as actividades do programa Seis Sigma, nomeadamente naquelas referentes à identificação, avaliação, selecção, realização e encerramento de projectos.		
Cláusula(s):	4.2.4	Controlo de registos	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	As versões dos modelos de impresso, utilizados para efeitos de registo, encontram-se actualizadas, devidamente identificadas e acessíveis às pessoas que deles necessitam.		
ISO 9001	Existe um procedimento documentado e actualizado sobre “controlo de registos”, descrevendo as regras aplicáveis à identificação, armazenagem, protecção, recuperação, retenção e destino dos registos.		
ISO 9001	Os modelos de impresso/registo com origem externa estão identificados, de modo a que a sejam sempre utilizadas as versões actualizadas e em vigor.		
ISO 9001	Estão previstas regras para gerir os registos em formato electrónico, nomeadamente aquelas que dizem respeito à acessibilidade e à protecção da integridade dos dados registados (cópias de segurança, regras de acesso, etc.).		
ISO 9001	As assinaturas que constam dos registos estão coerentes com as responsabilidades e autoridades estabelecidas no seio do SGQ.		
ISO 9001	Existem regras para a eliminação/inutilização de registos que estão a ser cumpridas.		
ISO 9001	As regras de controlo de registos asseguram que os dados constantes de registos eliminados ou inutilizados ficam protegidos e inacessíveis a entidades estranhas aos mesmos.		
6 Sigma + ISO 9001	As regras definidas no procedimento documentado sobre “controlo de registos” são empregadas, de forma sistemática, na gestão dos registos consultados ou produzidos durante as actividades do programa Seis Sigma, nomeadamente naquelas referentes à identificação, avaliação, selecção, realização e encerramento de projectos.		

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):		5.1	Comprometimento da gestão	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	Existem evidências do comprometimento da gestão de topo da organização no desenvolvimento, implementação, manutenção e melhoria contínua da eficácia do SGQ.			
6 Sigma + ISO 9001	Existem evidências do comprometimento da gestão de topo da organização no desenvolvimento, implementação, manutenção e melhoria contínua da eficácia do programa Seis Sigma e da sua articulação com o SGQ.			
Cláusula(s):		5.2	Focalização no cliente	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	Existem e são adoptados procedimentos sistemáticos, em cada consulta de trabalho recebida, para determinar as necessidades do cliente e os requisitos legais, normativos e regulamentares aplicáveis.			
ISO 9001	São adoptados métodos que permitem determinar a percepção da satisfação do cliente em cada trabalho realizado.			
6 Sigma + ISO 9001	É efectuada, de forma sistemática, a análise de dados provenientes dos clientes, com o objectivo de identificar oportunidades de melhoria e de inovação.			
6 Sigma + ISO 9001	O início dos projectos Seis Sigma realizados envolvem sempre a identificação dos clientes e a determinação das suas necessidades e expectativas.			
Cláusula(s):		5.3	Política da qualidade	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	A Política da Qualidade foi definida pela gestão de topo com maior responsabilidade executiva.			
ISO 9001	A Política da Qualidade declara um comprometimento claro relativamente ao cumprimento dos requisitos e a melhoria contínua da eficácia do SGQ.			
ISO 9001	A Política da Qualidade é coerente com as orientações estratégicas da organização.			
ISO 9001	A Política da Qualidade reflecte o enfoque nas necessidades e expectativas dos clientes e no cumprimento dos requisitos legais, regulamentares e normativos.			
ISO 9001	A Política da Qualidade contém um enquadramento das suas áreas de actuação da organização.			
ISO 9001	A Política da Qualidade contém linhas de orientação para a definição de objectivos da qualidade.			
ISO 9001	A Política da Qualidade é clara, comunicada e compreendida pelos colaboradores, em todos os níveis da organização.			
6 Sigma + ISO 9001	A Política da Qualidade contém um claro comprometimento da gestão de topo na criação das condições necessárias que assegurem a eficácia e a adequabilidade do programa Seis Sigma e da articulação deste com o SGQ.			
6 Sigma + ISO 9001	A declaração da Política da Qualidade enquadra o papel que o programa Seis Sigma desempenha no seio do SGQ.			
6 Sigma + ISO 9001	A Política da Qualidade contém linhas de orientação para a definição de critérios de avaliação e prioritização de potenciais projectos Seis Sigma.			

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):	5.4.1	Objectivos da qualidade	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Estão definidos e comunicados objectivos da qualidade para todas as funções e níveis relevantes da organização.		
ISO 9001	Estão definidos e comunicados objectivos da qualidade para todos os processos relevantes da organização.		
ISO 9001	Encontram-se associados indicadores-chave de desempenho (KPIs) a todos os objectivos da qualidade estabelecidos.		
ISO 9001	Todos os objectivos da qualidade são formulados de acordo com os princípios SMART.		
ISO 9001	Existe consistência entre os objectivos da qualidade estabelecidos e a Política da Qualidade.		
6 Sigma + ISO 9001	Existe coerência entre os objectivos da qualidade e os objectivos definidos para cada projecto Seis Sigma.		
6 Sigma + ISO 9001	A análise do grau de concretização dos objectivos da qualidade, a análise evolutiva dos valores dos KPIs associados a esses objectivos, entre outras análises de dados pertinentes em torno dos objectivos da qualidade, são efectuadas regular e sistematicamente, com o objectivo de identificar oportunidades de melhoria e/ou de inovação, que conduzirão à eventual proposta de potenciais projectos Seis Sigma.		
Cláusula(s):	5.4.2	Planeamento do sistema de gestão da qualidade	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Encontram-se planeadas e programadas acções e medidas adequadas, com responsabilidades definidas e comunicadas, para que os objectivos da qualidade definidos possam ser concretizados.		
ISO 9001	O plano de acção estabelecido para que os objectivos da qualidade sejam concretizados está a ser cumprido de forma satisfatória.		
ISO 9001	A integridade do SGQ é salvaguardada sempre que as acções e medidas, que constam do plano de acção, são implementadas.		
6 Sigma + ISO 9001	A integridade do SGQ é salvaguardada sempre que são planeadas e implementadas acções de melhoria, mais incremental ou mais radical, decorrentes da realização de projectos Seis Sigma.		
6 Sigma + ISO 9001	A contribuição para a melhoria contínua do SGQ, que cada potencial projecto Seis Sigma pode dar, é sempre considerada e aferida no decorrer do processo de avaliação e selecção de projectos Seis Sigma.		
Cláusula(s):	5.5.1	Responsabilidade e autoridade	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Todas as funções organizacionais relevantes do SGQ encontram-se inequivocamente definidas.		
ISO 9001	As relações hierárquicas e funcionais, existentes entre as diferentes funções organizacionais, encontram-se explicitadas.		
ISO 9001	As responsabilidades e autoridades, para todas as funções organizacionais relevantes, estão definidas, documentadas e comunicadas.		
6 Sigma + ISO 9001	Encontra-se definida, de forma clara e não ambígua, a estrutura humana para o programa Seis Sigma e as respectivas funções.		
6 Sigma + ISO 9001	As relações entre as diferentes funções da estrutura humana para o programa Seis Sigma encontram-se explicitadas.		
6 Sigma + ISO 9001	As relações entre as funções do SGQ e as da estrutura humana para o programa Seis Sigma encontram-se explicitadas.		
6 Sigma + ISO 9001	As responsabilidades e autoridades, para todas as funções da estrutura humana para o programa Seis Sigma, estão definidas, documentadas e comunicadas.		

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):		5.5.2	Representante da gestão	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	O responsável pelo SGQ é um membro da gestão da organização e está formalmente nomeado pela gestão de topo da organização.			
ISO 9001	O responsável pelo SGQ reporta directamente à gestão de topo informação sobre o desempenho do SGQ e necessidades de melhoria.			
ISO 9001	As responsabilidades e autoridades atribuídas ao responsável pelo SGQ permitem que ele exerça, sem restrições, funções de coordenação do planeamento, manutenção e melhoria do SGQ.			
6 Sigma + ISO 9001	Encontra-se designado um membro da gestão da organização, que pertença ou reporte directamente à gestão de topo, com a responsabilidade e autoridade para coordenar o programa Seis Sigma (função de <i>Champion</i>).			
6 Sigma + ISO 9001	A relação entre as funções desempenhadas pelo <i>Champion</i> e pelo responsável pelo SGQ encontra-se explicitada e assegura uma adequada articulação entre o programa Seis Sigma e o SGQ.			
Cláusula(s):		5.5.3	Comunicação interna	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	Estão previstos e encontram-se em vigor canais e processos de comunicação interna, que demonstram ser eficazes, entre os diferentes níveis e funções do SGQ, relativamente a assuntos relacionados com o SGQ.			
ISO 9001	Estão previstos e encontram-se em vigor canais e processos eficazes de comunicação com clientes e outras partes interessadas, externas à organização, relativamente a assuntos relacionados com o SGQ.			
ISO 9001	A comunicação interna da organização contempla a exibição, partilha e/ou difusão de dados e informações actualizados sobre a eficácia do SGQ.			
6 Sigma + ISO 9001	Os canais e processos de comunicação interna existentes permitem uma eficaz comunicação entre os elementos afectos às diferentes funções da estrutura humana do programa Seis Sigma.			
6 Sigma + ISO 9001	Os canais e processos de comunicação interna existentes permitem uma eficaz comunicação entre os membros de uma mesma equipa de projecto Seis Sigma.			
6 Sigma + ISO 9001	Os canais e processos de comunicação interna existentes auxiliam a que a transferência de conhecimento, boas práticas e lições aprendidas, oriundas de cada projecto Seis Sigma concluído, ocorram eficaz e eficientemente.			
6 Sigma + ISO 9001	Os canais e processos de comunicação com o exterior permitem que se estabeleçam contactos e/ou o envolvimento com clientes e/ou outras partes interessadas externas, durante a realização de um projecto Seis Sigma.			
Cláusula(s):		5.6	Revisão pela gestão	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	O SGQ é formal, regular e periodicamente revisto pela gestão de topo da organização.			
ISO 9001	Existem registos que evidenciam a realização de revisões pela gestão do SGQ nos intervalos planeados para o efeito.			
ISO 9001	A revisão pela gestão contempla uma análise a possíveis oportunidades de alterações e melhoria no SGQ.			
ISO 9001	Cada revisão pela gestão do SGQ inclui uma análise à necessidade de alterações à Política da Qualidade e aos objectivos da qualidade.			
ISO 9001	Os elementos de análise (entradas) para a revisão do SGQ incluem, no mínimo, o seguinte: resultados de auditorias internas e externas; grau de concretização plano de acção decorrente da última revisão pela gestão; grau de concretização dos objectivos da qualidade; não conformidades e potenciais não conformidades e ponto de situação em relação ao seu tratamento; informação com origem no cliente (reclamações, sugestões, satisfação, etc.); resultados de avaliação de fornecedores, oportunidades de melhoria e inovação, desempenho dos processos e conformidade dos serviços.			

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):		5.6	Revisão pela gestão		
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários	
ISO 9001	Em resultado de cada revisão pela gestão do SGQ, é sempre elaborado um plano de acção actualizado, com definição de prazos e responsabilidades, com vista a concretizar os objectivos da qualidade.				
6 Sigma + ISO 9001	A revisão pela gestão inclui a avaliação da adequabilidade e eficácia do programa Seis Sigma.				
6 Sigma + ISO 9001	A revisão pela gestão inclui a avaliação dos projectos Seis Sigma propostos e a selecção dos melhores face a critérios pré-definidos.				
Cláusula(s):		6.1	Provisão de recursos		
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários	
ISO 9001	A provisão de recursos, necessários à concretização dos objectivos estratégicos, está a ser assegurada.				
ISO 9001	A provisão de recursos, necessários à implementação com êxito do plano de acção, definido na revisão pela gestão do SGQ para poder atingir os objectivos da qualidade, está a ser assegurada.				
ISO 9001	A provisão de recursos, necessários ao controlo e eficaz funcionamento dos processos organizacionais, está a ser assegurada.				
ISO 9001	A provisão de recursos, necessários à boa prestação dos serviços, satisfazendo deste modo as necessidades dos clientes e os requisitos legais, regulamentares e normativos aplicáveis, está a ser assegurada.				
ISO 9001	A provisão de recursos, necessários à implementação bem sucedida do plano de formação, está a ser assegurada.				
6 Sigma + ISO 9001	A provisão de recursos, necessários à adequabilidade e eficácia do programa Seis Sigma, está a ser assegurada.				
6 Sigma + ISO 9001	A provisão de recursos, necessários a uma correcta identificação, avaliação e selecção de projectos Seis Sigma, está a ser assegurada.				
6 Sigma + ISO 9001	A provisão de recursos, necessários ao correcto planeamento, realização e encerramento de cada projecto Seis Sigma seleccionado, está a ser assegurada.				
Cláusula(s):		6.2	Recursos humanos		
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários	
ISO 9001	Estão definidas as habilitações e as competências para o pessoal, nos vários níveis e funções da organização considerados relevantes para os serviços por ela prestados.				
ISO 9001	O pessoal, afecto aos diferentes níveis e funções organizacionais, possui as competências, habilitações e experiência requeridas para o desempenho dessas funções.				
ISO 9001	O pessoal, afecto aos diferentes níveis e funções organizacionais, está consciente da relevância e da importância das suas actividades para a organização e para o SGQ.				
ISO 9001	A organização efectua, periódica e sistematicamente, um levantamento das necessidades de formação e de consciencialização do pessoal afecto aos diferentes níveis e funções da organização.				
ISO 9001	Existe um plano de formação, vigente, aprovado, que está a ser cumprido e que permite satisfazer as necessidades de formação e de consciencialização identificadas.				
ISO 9001	A eficácia das acções de formação empreendidas é sempre avaliada.				
ISO 9001	São mantidos registos apropriados da escolaridade, formação, saber fazer e experiência das pessoas que exercem as diferentes funções organizacionais.				
6 Sigma + ISO 9001	São definidos e cumpridos os níveis de competência requeridos, incluindo as certificações e formação específica necessárias, para todas as funções da estrutura humana do programa Seis Sigma.				

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):			
6.2		Recursos humanos	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
6 Sigma + ISO 9001	É efectuado, de forma periódica e sistemática, o levantamento das necessidades de formação das pessoas envolvidas no programa Seis Sigma, estando a satisfação destas espelhadas no plano de formação.		
6 Sigma + ISO 9001	É avaliada a eficácia das acções de formação empreendidas no âmbito do programa Seis Sigma, sendo os registos das acções mantidos.		
Cláusula(s):			
6.3		Infraestrutura	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	As instalações e meios ao dispor dos colaboradores encontram-se em bom estado de conservação e são adequados ao desempenho das suas funções.		
ISO 9001	As regras e planos, relativos à manutenção e conservação dos edifícios, estão devidamente estabelecidos e são cumpridos de forma sistemática.		
ISO 9001	Todos os equipamentos de processo (espaços de armazenagem, carros e carrinhas de trabalho, computadores, etc.), necessários a assegurar o eficaz funcionamento das actividades da organização e a conformidade dos serviços prestados, encontram-se inventariados.		
ISO 9001	As regras e planos, relativos à manutenção e conservação dos equipamentos de processo, incluindo <i>software</i> , estão devidamente estabelecidos e são cumpridos de forma sistemática.		
ISO 9001	Todos os serviços de apoio (redes informáticas, serviço de <i>Internet</i> e comunicações fixas e móveis, etc.) necessários a assegurar o eficaz funcionamento das actividades da organização e a conformidade dos serviços prestados encontram-se identificados.		
6 Sigma + ISO 9001	A infraestrutura, necessária ao adequado funcionamento do programa Seis Sigma e dos projectos realizados, encontra-se identificada e é disponibilizada.		
Cláusula(s):			
6.4		Ambiente de trabalho	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	As condições de ambiente de trabalho, onde se incluem factores humanos (métodos de trabalho, ergonomia, oportunidades de desenvolvimento profissional, regras de segurança e saúde ocupacional, etc.) e factores físico-químicos (ruído, higiene e limpeza, vibrações, poluição, temperatura, humidade, etc.), necessárias ao desempenho eficaz das funções exercidas pelos colaboradores, estão identificadas e são periodicamente revistas.		
Cláusula(s):			
7.1		Planeamento da realização do produto	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Todos os processos operacionais, necessários a uma adequada e eficaz prestação dos serviços, encontram-se definidos.		
ISO 9001	As actividades dos processos operacionais realizam-se sob condições controladas, na medida em que os recursos planeados (recursos humanos e suas competências, EMMs, documentos, registos, infraestruturas, ambiente de trabalho, etc.) para as mesmas são efectivamente disponibilizados.		
ISO 9001	As actividades dos processos operacionais realizam-se sob condições controladas, na medida em que as responsabilidades e autoridades estão definidas e comunicadas com clareza.		
ISO 9001	Todos os planos da qualidade (plano de formação, plano de calibração, plano de trabalho adjudicado, plano de C&D) se encontram actualizados e estão implementados de forma satisfatória.		
ISO 9001	Os requisitos dos processos operacionais estão definidos, existindo, para cada tipo de serviço, uma ou mais instruções de trabalho contendo as melhores práticas para os atingir.		
6 Sigma + ISO 9001	As acções implementadas na sequência dos projectos Seis Sigma são consistentes com as decisões tomadas no planeamento dos processos operacionais.		

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):		7.2.1	Determinação dos requisitos relacionados com o produto	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	A organização determina os requisitos especificados pelo cliente, relativamente à prestação do serviço e à pós-realização do serviço.			
ISO 9001	Os requisitos aplicáveis a cada tipo de serviço, prestado pela organização, encontram-se clara e objectivamente definidos, incluindo os requisitos legais, regulamentares e normativos.			
ISO 9001	A organização tem definido e implementado um sistema sistemático de identificação e acesso aos requisitos legais, regulamentares e normativos aplicáveis ao serviço, garantindo as versões actualizadas dos mesmos.			
ISO 9001	A organização efectua análises de mercado que lhe permitam determinar requisitos esperados ou expectáveis (incluindo requisitos legais, regulamentares e normativos), aplicáveis à sua actividade, num momento futuro do tempo.			
6 Sigma + ISO 9001	O conhecimento dos requisitos críticos relacionados com o serviço, determinados no contexto do SGQ, é usado para definir e organizar as CTQCs aplicáveis a cada tipo de serviço prestado pela organização.			
6 Sigma + ISO 9001	O conhecimento obtido sobre os requisitos dos clientes e de outras partes interessadas (incluindo requisitos legais, regulamentares e normativos) e sua evolução expectável, em resultado da realização de projectos Seis Sigma, é utilizado para rever o conjunto de requisitos associados ao serviço, considerados no seio do SGQ.			
Cláusula(s):		7.2.2	Revisão dos requisitos relacionados com o produto	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	A organização revê os requisitos relacionados com o serviço pretendido, antes da aceitação da adjudicação do mesmo.			
ISO 9001	Existem mecanismos estabelecidos pela organização para confirmação dos requisitos do cliente, quando estes são transmitidos verbalmente.			
ISO 9001	Existem evidências de comunicação e aceitação, em caso de alterações aos requisitos iniciais.			
6 Sigma + ISO 9001	Os valores do Nível Sigma, sempre que estimados na sequência de projectos Seis Sigma, são utilizados para determinar a capacidade de cumprimento dos requisitos especificados.			
Cláusula(s):		7.2.3	Comunicação com o cliente	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	Existem mecanismos estabelecidos para a comunicação, com actuais e potenciais clientes, sobre os serviços prestados pela organização.			
ISO 9001	Existem mecanismos estabelecidos para a comunicação com os clientes antes (recepção de consultas, envio de propostas, etc.), durante (rectificações ou alterações ao contrato, etc.) e depois (garantia da obra, facturação, etc.) da prestação do serviço.			
ISO 9001	Existem mecanismos estabelecidos para o retorno de informação do cliente (questionários de satisfação, sugestões, reclamações, etc.).			
ISO 9001	Os mecanismos de comunicação com os clientes, que estão estabelecidos, demonstram serem eficazes.			
6 Sigma + ISO 9001	Existem mecanismos eficazes de comunicação com os clientes que permitem envolvê-los, sempre que necessário, na realização de projectos Seis Sigma.			
6 Sigma + ISO 9001	A informação de retorno dos clientes é usada para identificar oportunidades de melhoria e de inovação.			

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):			
7.3.1		Planeamento da concepção e desenvolvimento	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
6 Sigma + ISO 9001	O projecto de C&D (também designado por projecto de DFSS ou por projecto Seis Sigma de inovação) foi identificado e proposto a partir da detecção de pelo menos uma oportunidade de inovação considerada, após análise cuidada, relevante.		
6 Sigma + ISO 9001	O projecto de C&D foi seleccionado em sede de revisão pela gestão do SGQ.		
6 Sigma + ISO 9001	O plano de projecto identifica as fases, etapas e actividades que terão lugar ao longo da realização dos projectos de C&D.		
6 Sigma + ISO 9001	O plano de projecto identifica as fases em que deverão ocorrer revisões ao projecto de C&D.		
6 Sigma + ISO 9001	O plano de projecto identifica as fases e etapas em que deverão ocorrer as verificações e validações da C&D.		
Cláusula(s):			
7.3.2		Entradas para concepção e desenvolvimento	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
6 Sigma + ISO 9001	São identificados os clientes, internos e/ou externos, e partes interessadas relevantes, procedendo-se, sempre que necessário, à segmentação dos clientes.		
6 Sigma + ISO 9001	São determinadas as necessidades e expectativas desses clientes e partes interessadas relevantes.		
6 Sigma + ISO 9001	São determinados os requisitos legais, regulamentares e normativos aplicáveis ao âmbito do projecto de C&D.		
6 Sigma + ISO 9001	São definidos os requisitos funcionais do serviço e os constrangimentos aplicáveis.		
6 Sigma + ISO 9001	São definidas as características críticas para a qualidade (CTQCs) e associadas aos requisitos funcionais e, onde aplicável, aos constrangimentos.		
6 Sigma + ISO 9001	São associadas definições operacionais às CTQCs definidas.		
Cláusula(s):			
7.3.3		Saídas da concepção e desenvolvimento	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
6 Sigma + ISO 9001	O conceito estipulado para o novo serviço, escolhido após um processo de geração e avaliação de conceitos alternativos, satisfaz capazmente os requisitos funcionais e os constrangimentos definidos.		
6 Sigma + ISO 9001	Os elementos de solução (meios humanos, procedimentos, equipamentos, materiais, etc.), inerentes ao conceito escolhido, são definidos com clareza, sendo que o tipo e a magnitude das interações entre eles encontram-se também identificados.		
6 Sigma + ISO 9001	A relação entre os elementos de solução e os requisitos funcionais está determinada.		
6 Sigma + ISO 9001	Todas as CTQCs do serviço e respectivas definições operacionais, associadas aos requisitos funcionais e a constrangimentos, estão especificadas.		
6 Sigma + ISO 9001	As especificações para os elementos de solução do serviço estão definidas.		
6 Sigma + ISO 9001	Os processos ou subprocessos para o fornecimento do serviço estão identificados e desenhados, sendo que os meios necessários à operação controlada dos processos estão também identificados.		

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):	7.3.4	Revisão da concepção e desenvolvimento	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
6 Sigma + ISO 9001	Em cada transição de fase do projecto de C&D ocorre uma revisão intermédia formal, havendo registos dessas revisões.		
6 Sigma + ISO 9001	Em cada revisão são analisados, no mínimo, os seguintes aspectos: adequabilidade dos resultados obtidos até ao momento no projecto de C&D, grau de concretização dos objectivos e metas definidos, grau de cumprimento do cronograma do projecto.		
6 Sigma + ISO 9001	Em cada revisão são tomadas decisões relativamente a: necessidade de rever ou ajustar o planeamento do projecto de C&D; validação da aptidão dos resultados das actividades do projecto de C&D; necessidade de corrigir ou refazer alguma(s) actividade(s) do projecto de C&D.		
6 Sigma + ISO 9001	As diferentes funções envolvidas nas etapas do projecto de C&D que estão a ser revistas participam nessa revisão.		
Cláusula(s):	7.3.5	Verificação da concepção e desenvolvimento	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
6 Sigma + ISO 9001	São efectuadas verificações nas etapas do projecto de C&D planeadas para o efeito, havendo registos da realização das mesmas.		
6 Sigma + ISO 9001	As verificações incidem na análise confirmatória de que as decisões técnicas e conceptuais permitem satisfazer capazmente os requisitos funcionais e os constrangimentos e, por consequência, as necessidades e expectativas dos clientes em relação ao novo serviço e os requisitos legais, regulamentares e normativos a ele aplicáveis.		
Cláusula(s):	7.3.6	Validação da concepção e desenvolvimento	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
6 Sigma + ISO 9001	São efectuadas validações nas etapas do projecto de C&D planeadas para o efeito, havendo registos da realização das mesmas.		
6 Sigma + ISO 9001	As validações envolvem sempre o teste, ensaio ou experimentação do novo serviço em condições reais ou simuladas, o mais aproximadas possíveis da realidade, de modo a que se possa confirmar objectivamente que o novo serviço tem capacidade para cumprir todos os requisitos funcionais e constrangimentos aplicáveis em condições reais de operação.		
Cláusula(s):	7.3.7	Controlo de alterações na concepção e desenvolvimento	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
6 Sigma + ISO 9001	Encontram-se identificadas e existem registos das alterações produzidas ao longo do projecto de C&D.		
6 Sigma + ISO 9001	As alterações efectuadas encontram-se claramente descritas e foram devidamente aprovadas.		
Cláusula(s):	7.4.1	Processo de compra	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Encontra-se definida uma metodologia eficaz para a avaliação de fornecedores, sendo esta metodologia integralmente cumprida.		
ISO 9001	A metodologia prevê mecanismos de reavaliação.		
ISO 9001	Existem critérios claros, não ambíguos e adequados para a avaliação dos fornecedores.		
ISO 9001	São mantidos os registos que evidenciam a realização das avaliações de fornecedores e os resultados das mesmas.		
ISO 9001	Existe uma lista actualizada com os fornecedores qualificados, resultante dessa avaliação ou reavaliação, a partir da qual os fornecedores são seleccionados.		
ISO 9001	A avaliação, reavaliação e qualificação abrange os subcontratados.		

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s): 7.4.1 Processo de compra			
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
6 Sigma + ISO 9001	Estão identificados os bens e serviços adquiridos a fornecedores que têm impacto significativo nas CTQCs dos serviços prestados pela organização.		
6 Sigma + ISO 9001	Os valores do Nível Sigma, referentes ao desempenho dos vários fornecedores desses bens e serviços relevantes, são calculados, sendo utilizados para efeitos de qualificação e de selecção dos fornecedores.		
Cláusula(s): 7.4.2 Informação de compra			
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	O conteúdo dos documentos de compra está perfeitamente definido.		
ISO 9001	O conteúdo dos documentos de compra indica, clara e inequivocamente, as especificações para o produto a adquirir e, quando aplicável, outros requisitos pretendidos para o fornecimento (prazos de entrega, embalagem, etc.).		
ISO 9001	Todos os documentos de compra são devidamente aprovados antes do envio para os fornecedores.		
Cláusula(s): 7.4.3 Verificação do produto comprado			
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Estão definidas as actividades necessárias para a verificação do produto comprado.		
ISO 9001	Está especificado no documento de compra o sistema de verificação a utilizar, caso esta se verifique nas instalações do fornecedor.		
Cláusula(s): 7.5.1 Controlo da produção e do fornecimento do serviço			
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Encontram-se estabelecidos os métodos e as técnicas necessários para efectuar a realização do serviço em condições controladas.		
ISO 9001	Estão disponibilizadas instruções de trabalho ou procedimentos operacionais que permitem levar a cabo a realização do serviço em condições controladas.		
ISO 9001	Estão disponibilizados e utilizados equipamentos de monitorização e medição apropriados à realização do serviço em condições controladas.		
ISO 9001	Estão definidos os critérios de operação, monitorização, controlo e de aceitação/rejeição adoptados na realização do serviço.		
ISO 9001	Estão definidos os meios humanos e os níveis de competência requeridos para levar a bom termo a realização do serviço em condições controladas.		
ISO 9001	A organização dispõe de plano(s) de manutenção, havendo registos dessa manutenção.		
6 Sigma + ISO 9001	Está disponível informação que identifica e descreve as CTQCs relativas aos serviços prestados pela organização.		
Cláusula(s): 7.5.2 Validação dos processos de produção e de fornecimento do serviço			
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Cláusula excluída. Justificação no Manual de Gestão da Qualidade		
Cláusula(s): 7.5.3 Identificação e rastreabilidade			
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Estão previstos e implementados mecanismos, que se revelam eficazes para a identificação dos itens (materiais, acessórios, etc.) utilizados ao longo do processo de realização do serviço.		
ISO 9001	Estão previstos e implementados mecanismos, que se revelam eficazes, para a identificação do estado do serviço relativamente aos requisitos de monitorização e medição (ou inspecção e ensaios) aplicáveis.		
ISO 9001	Quando a rastreabilidade for requerida, a organização controla e regista a identificação única dos materiais, equipamentos e outros meios ou recursos utilizados durante a realização do serviço.		

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):		7.5.4	Propriedade do cliente	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	Estão estabelecidos métodos para a identificação, verificação, manutenção e protecção dos itens (equipamentos de solar térmico; equipamentos de queima, etc.) a incorporar no produto final resultante da realização do serviço.			
ISO 9001	No caso de a propriedade do cliente se perder ou for considerada imprópria para utilização, o cliente é do facto informado, havendo registos desse acontecimento.			
Cláusula(s):		7.5.5	Preservação do produto	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	Para garantir a preservação da conformidade do serviço prestado, ao longo de todas as fases do seu processo de realização, estão previstas regras de identificação, armazenamento, manuseamento, embalagem, protecção, entre outros eventuais aspectos, que previnam a deterioração, dano ou utilização indevida dos itens ou artigos a processar.			
Cláusula(s):		7.6	Controlo do equipamento de monitorização e medição	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	Todos os equipamentos de monitorização e medição (EMMs) se encontram identificados, estando assegurada a sua rastreabilidade.			
ISO 9001	Existe um plano de calibração, actualizado e cumprido dos EMMs, com indicação da periodicidade da calibração.			
ISO 9001	Estão definidos critérios de aceitação que permitem decidir sobre a validação metrológica de cada EMM, atendendo aos resultados da calibração e ao uso pretendido.			
ISO 9001	Quando um EMM cumpre o critério de aceitação em apenas alguns pontos da sua gama operatória, são identificadas e comunicadas devidamente as restrições de utilização.			
ISO 9001	Sempre que um EMM vem de uma operação de reparação ou de manutenção, o mesmo é calibrado ou verificado, e a sua adequação ao uso confirmada através da análise dos resultados da calibração/verificação face ao critério de aceitação.			
ISO 9001	As calibrações realizadas utilizam padrões de medição rastreáveis a padrões de medição nacionais ou internacionais de ordem superior.			
ISO 9001	Os EMMs são mantidos em bom estado de conservação, através de um correcto acondicionamento, manuseamento e manutenção.			
ISO 9001	Os registos das operações de calibração e verificação são mantidos.			
ISO 9001	Sempre que aplicável, a aptidão do <i>software</i> , no que respeita às funcionalidades de monitorização e medição, está confirmada.			
6 Sigma + ISO 9001	Sempre que um projecto Seis Sigma envolve uma análise ao sistema de medição, esta é conduzida correctamente e as conclusões retiradas, dos resultados obtidos, são as apropriadas.			
Cláusula(s):		8.1	Medição, análise e melhoria – Generalidades	
Âmbito	Elementos a verificar		OK?	Comentários
ISO 9001	A organização identificou e implementou os processos de monitorização, medição, análise e melhoria, que lhe permitam demonstrar a conformidade com os requisitos do produto.			
ISO 9001	A organização identificou e implementou os processos de monitorização, medição, análise e melhoria, que lhe permitam melhorar a eficácia do SGQ.			
6 Sigma + ISO 9001	A organização determinou as técnicas e ferramentas, juntamente com os métodos que permitem a sua utilização articulada, que possam assim apoiar os processos de monitorização, medição, análise e melhoria.			
6 Sigma + ISO 9001	Os processos de monitorização, medição, análise e melhoria são consistentes com as fases do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma.			

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s): 8.2.1 Monitorização e medição – Satisfação do cliente			
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	A organização tem definidos métodos para determinar e monitorizar, de forma sistemática, a percepção do cliente relativamente à satisfação dos seus requisitos.		
ISO 9001	A organização tem identificadas as fontes de dados relativos aos clientes (reclamações, sugestões, inquéritos de satisfação, estudos de mercado, telefonemas, visitas, grupos focalizados, <i>benchmarking</i> , etc.), que utiliza para medir e monitorizar a satisfação do cliente.		
ISO 9001	Existem evidências da recolha, tratamento e análise dos dados provenientes dessas fontes, a partir dos quais é obtida a informação relevante sobre a percepção da satisfação dos clientes e, eventualmente, sobre a realidade e perspectiva de evolução das necessidades e requisitos do mercado.		
ISO 9001	Situações de detecção, ou de manifestação de insatisfação por parte do cliente são analisadas através do tratamento de não conformidades, o qual pode dar origem à tomada de acções correctivas.		
6 Sigma + ISO 9001	A informação gerada em virtude da monitorização e medição da satisfação do cliente é utilizada para identificar oportunidades e melhoria e/ou inovação.		
6 Sigma + ISO 9001	As oportunidades de melhoria e/ou inovação detectadas são utilizadas para identificar e propor potenciais projectos Seis Sigma, sejam estes de melhoria contínua (Seis Sigma DMAIC) ou de C&D (DFSS).		
Cláusula(s): 8.2.2 Monitorização e medição – Auditoria interna			
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Existe um procedimento documentado actualizado sobre “auditorias internas”.		
ISO 9001	O âmbito do procedimento de auditorias internas inclui o planeamento das auditorias, a sua execução, a elaboração do relatório e o acompanhamento da implementação de acções correctivas.		
ISO 9001	A organização possui um programa de auditorias internas para avaliar a eficácia da implementação e manutenção do SGQ e a conformidade deste relativamente às disposições planeadas, aos requisitos da norma de referência e aos requisitos do SGQ estabelecidos pela organização.		
ISO 9001	O programa de auditorias internas é cumprido de forma sistemática.		
ISO 9001	Os auditores que conduzem a realização das auditorias internas são independentes das áreas/actividades a auditar.		
ISO 9001	As auditorias internas são realizadas por auditores com formação comprovadamente adequada.		
ISO 9001	Os registos das auditorias e dos seus resultados são mantidos.		
ISO 9001	É sempre feito o seguimento das auditorias internas realizadas, o qual assenta no tratamento das não conformidades aí detectadas.		
ISO 9001	O processo de seguimento de cada auditoria só é encerrado quando se confirmar que as acções correctivas, definidas e implementadas, para eliminar ou minimizar a(s) causa(s) de cada não conformidade, são eficazes.		
6 Sigma + ISO 9001	Os resultados das auditorias, internas e externas, são analisados, de modo a permitir a identificação de oportunidades de melhoria e/ou inovação.		
Cláusula(s): 8.2.2 Monitorização e medição – Auditoria interna			
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
6 Sigma + ISO 9001	As oportunidades de melhoria e/ou inovação detectadas, a partir dos resultados das auditorias, são utilizadas para identificar e propor potenciais projectos Seis Sigma.		
6 Sigma + ISO 9001	O programa de auditorias internas inclui auditorias ao programa Seis Sigma.		
6 Sigma + ISO 9001	São realizadas auditorias de conformidade a projectos Seis Sigma concluídos para avaliar a eficácia das acções implementadas em resultado do projecto.		

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):			
8.2.3		Monitorização e medição dos processos	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Estão previstos e implementados métodos apropriados de monitorização e, onde aplicável, de medição dos processos do SGQ, com o propósito de avaliar a aptidão dos mesmos em assegurar o cumprimento dos requisitos a eles aplicáveis, bem como a aferir sobre a eficácia do SGQ.		
ISO 9001	Existem evidências de que essas medições são efectuadas de forma sistemática, na periodicidade definida.		
ISO 9001	São utilizados indicadores-chave de desempenho apropriados a que se consiga determinar se os objectivos da qualidade, definidos para os processos e para o SGQ, estão ou não a ser concretizados.		
ISO 9001	Quando os objectivos planeados não são atingidos é efectuada a abertura do processo de tratamento de não conformidade, onde são desencadeadas correcções e acções correctivas.		
6 Sigma + ISO 9001	A determinação do Nível Sigma e do número de <i>DPMO</i> , para aferir acerca do desempenho dos processos organizacionais, é correctamente feita.		
6 Sigma + ISO 9001	Os resultados, referentes à monitorização e medição dos processos, são analisados de modo a permitir a identificação de oportunidades de melhoria e/ou inovação.		
6 Sigma + ISO 9001	As oportunidades de melhoria e/ou inovação detectadas, a partir dos resultados da monitorização e medição dos processos, são utilizadas para identificar e propor potenciais projectos Seis Sigma.		
Cláusula(s):			
8.2.4		Monitorização e medição do produto	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Estão previstos e implementados métodos para monitorizar e medir as características do serviço, com o propósito de avaliar se os requisitos, a ele aplicáveis, são ou não cumpridos.		
ISO 9001	A etapas onde ocorrem a monitorização e medição das características do serviço estão inequivocamente estabelecidas.		
ISO 9001	Estão estabelecidos critérios de aceitação/rejeição para aferir sobre o cumprimento dos requisitos aplicáveis ao serviço.		
ISO 9001	São mantidos registos da aceitação dos resultados da realização do serviço, sendo que estes identificam a(s) pessoa(s) que autorizou(aram) essa aceitação.		
6 Sigma + ISO 9001	As características do serviço, alvo de monitorização e medição, correspondem a características críticas para a qualidade (CTQCs)		
6 Sigma + ISO 9001	Os critérios de aceitação/rejeição estabelecidos são formulados de forma clara, não ambígua e mensurável ou observável, correspondendo a definições operacionais associadas às CTQCs.		
6 Sigma + ISO 9001	A determinação do Nível Sigma e do número de <i>DPMO</i> , para aferir acerca do desempenho dos serviços fornecidos, é correctamente feita.		
6 Sigma + ISO 9001	Os resultados, referentes à monitorização e medição do serviço, são analisados de modo a permitir a identificação de oportunidades de melhoria e/ou inovação.		
6 Sigma + ISO 9001	As oportunidades de melhoria e/ou inovação detectadas, a partir dos resultados da monitorização e medição do serviço, são utilizadas para identificar e propor potenciais projectos Seis Sigma.		

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):		8.3	Controlo de produto não conforme	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários	
ISO 9001	A organização tem um procedimento documentado que prevê a identificação e controlo de situações em que o resultado da realização do serviço não está conforme os requisitos aplicáveis.			
ISO 9001	O procedimento estabelece as responsabilidades e autoridades para o tratamento de serviço não conforme.			
ISO 9001	Quando detectadas situações de não conformidade, relacionadas com os serviços prestados, são empreendidas acções para as eliminar.			
ISO 9001	Existem mecanismos de correcção de serviço não conforme, mesmo para as situações em que a não conformidade é detectada após a sua prestação ter ocorrido.			
ISO 9001	Estão definidos mecanismos de reavaliação de serviço não conforme, de modo a demonstrar a sua conformidade com os requisitos.			
ISO 9001	Em caso de aceitação do serviço não conforme, a autorização é feita por uma entidade relevante ou, quando aplicável, pelo cliente.			
6 Sigma + ISO 9001	Os dados, referentes ao controlo de serviço não conforme, são analisados de modo a permitir a identificação de oportunidades de melhoria e/ou inovação.			
6 Sigma + ISO 9001	As oportunidades de melhoria e/ou inovação detectadas, a partir dos dados do controlo de serviço não conforme, são utilizadas para identificar e propor potenciais projectos Seis Sigma.			
6 Sigma + ISO 9001	São empregados, de forma sistemática e estruturada, técnicas e ferramentas que permitam compreender melhor as não conformidades ocorridas nos serviços prestados, através da sua tipificação, estruturação, análise de tendências, análises comparativas, avaliação dos efeitos e modos de falha que provocam, etc.			
Cláusula(s):		8.4	Análise de dados	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários	
ISO 9001	Estão identificadas as fontes e os tipos de dados a recolher que, uma vez analisados de forma integrada, permitem à organização tomar decisões com vista à melhoria do SGQ.			
ISO 9001	A análise de dados proporciona informação relevante relativamente à satisfação do cliente.			
ISO 9001	A análise de dados proporciona informação relevante relativamente à conformidade com os requisitos do serviço.			
ISO 9001	A análise de dados proporciona informação relevante relativamente ao desempenho dos serviços prestados, e respectivos processos de realização e suporte, bem como à evolução e tendências desse desempenho.			
ISO 9001	A análise de dados é utilizada para identificar potenciais não conformidades e, conseqüentemente, oportunidades para acções preventivas.			
ISO 9001	A análise de dados proporciona informação relevante relativamente aos fornecedores e seu desempenho.			
6 Sigma + ISO 9001	Através da análise de dados é obtida informação que conduz à identificação de oportunidades de melhoria e/ou inovação.			
6 Sigma + ISO 9001	O conjunto de oportunidades de melhoria e/ou inovação é transformado em potenciais projectos Seis Sigma a realizar.			
6 Sigma + ISO 9001	As técnicas e ferramentas do Seis Sigma são usadas de forma estruturada para que se possam identificar, recolher, analisar, relacionar e interpretar os dados oriundos do SGQ.			
Cláusula(s):		8.5.1	Melhoria contínua	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários	
ISO 9001	A organização adopta métodos e procedimentos adequados para garantir a melhoria contínua do SGQ que envolvem, articuladamente, a utilização da Política da Qualidade, dos objectivos da qualidade, dos resultados das auditorias, das acções correctivas e preventivas e da revisão pela gestão.			

Quadro XIV.6 – Lista de verificação de auditoria interna. (continuação)

Cláusula(s):			
8.5.1		Melhoria contínua	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	Quando são implementadas acções de melhoria, é feita a avaliação da eficácia das mesmas.		
6 Sigma + ISO 9001	Na avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma, e consequente selecção do(s) mais vantajoso(s), é ponderado e analisado, entre outros possíveis critérios, qual deles contribuirá mais para a melhoria contínua do SGQ.		
6 Sigma + ISO 9001	Existem evidências de que cada projecto Seis Sigma seleccionado, seja de melhoria contínua (Seis Sigma DMAIC) ou de inovação (DFSS), após ter sido planeado, realizado e encerrado com êxito, contribuiu para a melhoria contínua do SGQ e para a concretização dos objectivos da qualidade.		
Cláusula(s):			
8.5.2		Acções correctivas	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	A organização dispõe de um procedimento documentado associado à tomada de acções correctivas, sendo o procedimento cumprido.		
ISO 9001	O procedimento sobre acções correctivas descreve os requisitos relacionados com a identificação de não conformidades.		
ISO 9001	O procedimento sobre acções correctivas descreve os requisitos relacionados com a definição de correcções para resolver cada não conformidade detectada.		
ISO 9001	O procedimento sobre acções correctivas descreve os requisitos relacionados com a determinação da(s) causa(s) de cada não conformidade.		
ISO 9001	O procedimento sobre acções correctivas descreve os requisitos para avaliar a necessidade de acções que garantam a não recorrência da não conformidade.		
ISO 9001	O procedimento sobre acções correctivas descreve os requisitos relacionados com a definição e implementação deste tipo de acções.		
ISO 9001	É sempre avaliada a eficácia das acções correctivas estabelecidas e implementadas; caso a eficácia não se confirme, são formuladas e implementadas novas acções correctivas, cuja eficácia é novamente avaliada.		
ISO 9001	São mantidos registos relativos ao tratamento de não conformidades, incluindo das acções correctivas implementadas.		
6 Sigma + ISO 9001	O ciclo DMAIC é incorporado no procedimento relativo ao tratamento de não conformidades, sendo que essa incorporação demonstra ser eficaz.		
Cláusula(s):			
8.5.3		Acções preventivas	
Âmbito	Elementos a verificar	OK?	Comentários
ISO 9001	A organização dispõe de um procedimento documentado associado à tomada de acções preventivas, sendo o procedimento cumprido.		
ISO 9001	O procedimento sobre acções preventivas descreve os requisitos relacionados com a identificação de potenciais não conformidades e suas causas.		
ISO 9001	O procedimento sobre acções preventivas descreve os requisitos para avaliar a necessidade de acções para prevenir a ocorrência de não conformidades.		
ISO 9001	O procedimento sobre acções preventivas descreve os requisitos relacionados com a definição e implementação deste tipo de acções.		
ISO 9001	O procedimento sobre acções correctivas descreve os requisitos relacionados com a definição e implementação das acções correctivas necessárias à não recorrência da não conformidade.		
ISO 9001	São mantidos registos relativos ao tratamento de potenciais não conformidades, incluindo das acções preventivas implementadas.		
ISO 9001	É sempre avaliada a eficácia das acções preventivas estabelecidas e implementadas; caso a eficácia não se confirme, são formuladas e implementadas novas acções preventivas, sendo a sua eficácia reavaliada.		
6 Sigma + ISO 9001	O ciclo DMAIC é incorporado no procedimento relativo ao tratamento de potenciais não conformidades, sendo que essa incorporação demonstra ser eficaz.		

XIV.6. Projecto Seis Sigma “Stocks de materiais” – Caso STML

Planeamento do projecto

O planeamento do projecto Seis Sigma envolveu a elaboração dos seguintes documentos:

- Declaração de Projecto (figura XIV.3).
- Matriz de responsabilidades RACI e cronograma (figura XIV.4).

DECLARAÇÃO DE PROJECTO				
Título do Projecto	Stocks de materiais		Número do Projecto	1
Tipo de Projecto Seis Sigma	DMAIC <input checked="" type="checkbox"/> DFSS <input type="checkbox"/>			
Sponsor do Projecto	Nome	Divisão/Departamento	Contacto	
	Dário Sousa (Coordenador Técnico)		Departamento Técnico	
Black Belt do Projecto	Nome	Divisão/Departamento	Contacto	
	Pedro Alexandre Marques		Consultor	
Green Belt(s) do Projecto	Nome	Divisão/Departamento	Contacto	
Membros da Equipa	Nome	Divisão/Departamento	Título/Função	Contacto
	Sandra Gomes	Secretariado	Administrativa	
	Gonçalo Matos	Dep. Qualidade	Engenheiro estagiário	
	Dário Silva	Dep. Técnico	Coordenador Técnico	
Principais Partes Interessadas	Parte interessada	Principais necessidades e expectativas		
	Técnicos da STML	Ter os materiais que necessitam, para uma adequada prestação dos serviços, sempre e facilmente disponíveis.		
	Cientes	Ter o serviço correctamente prestado, nos prazos acordados.		
	STML	Minimizar os custos relacionados com os stocks.		
Missão do Projecto	Minimizar os actuais níveis de stock e definir stocks de segurança adequados.			
Descrição do Problema (DMAIC) ou Oportunidade (DFSS)	As existência de materiais, equipamentos e acessórios são geridos de forma empírica, verificando-se, frequentemente, excesso ou escassez dos mesmos quando são necessários, causando perturbações no planeamento dos trabalhos, desperdícios e custos acrescidos.			
Âmbito do Projecto	Gestão de stocks dos materiais para incorporação nos trabalhos de instalação de infraestruturas.			
Importância do Projecto	A importância deste projecto é justificada pelo facto de permitir definir indicadores e melhores práticas para a gestão de stocks na STML, com a importante redução de custos e melhor eficiência na prestação dos serviços.			
Principais Objectivos do Projecto	Reduzir os níveis médios de stock; definir stocks de segurança; determinar custos associados aos stocks; contribuir para aumentar a capacidade de planeamento dos serviços prestados.			
Principais Recursos necessários ao Projecto	Afectação de tempo aos elementos da equipa de trabalho.			
Data Prevista para o início do Projecto		Data Prevista para a conclusão do Projecto		
Jan-10		Abr-10		
Data de Elaboração	Revisão Nº	Assinatura do Sponsor do projecto		
Jan-10	00	Dário Sousa		
Aprovação do Champion	José Sousa	Data	Jan-10	

Figura XIV.3 – Declaração do projecto Seis Sigma “Stocks de materiais”.

Projecto Seis Sigma - "Stocks de materiais"

FASE / TAREFA	MATRIZ RACI				PERÍODO DO CRONOGRAMA													
	R	A	C	I	Jan-10	Fev-10	Mar-10	Abr-10	Mai-10	Jun-10	Jul-10	Ago-10						
D Definir âmbito e requisitos aplicáveis																		
Determinação do âmbito do projecto	ET	BB	CoT	RdQ														
Definição dos artigos em stock relevantes	ET	BB	CoT	RdQ														
Enquadramento da gestão de stocks nos processos da STML	ET	BB	CoT, GeP	RdQ														
Revisão intermédia do projecto	BB	BB		GeT, RdQ														
M Medir nível de desempenho																		
Definição de KPIs para a gestão de stocks	ET	BB	CoT, GeP	RdQ														
Determinação dos custos associados aos stocks	ET	BB	GeC, CoT, GeT	RdQ														
Determinação dos níveis de desempenho actuais	ET	BB	CoT	RdQ														
Revisão intermédia do projecto	BB	BB		GeT, RdQ														
A Analisar dados e descobrir causas																		
Identificação das potenciais causas do mau desempenho na gestão de stocks	ET	BB	CoT, GeP, GeT	RdQ														
Análise das potenciais causas e sua priorização	ET	BB	CoT, GeP	RdQ														
Determinação das causas-raiz	ET	BB	CoT, GeP	RdQ														
Revisão intermédia do projecto	BB	BB		GeT, RdQ														
I Implementar acções de melhoria																		
Identificação e avaliação de potenciais soluções	ET	BB	CoT, GeP, GeT	RdQ														
Definição e planeamento das acções de melhoria a implementar relativamente à gestão de stocks	ET	BB	CoT, GeP	RdQ														
Aplicação das acções de melhoria definidas e monitorizar a sua implementação	ET	BB	CoT, GeP	RdQ														
Revisão intermédia do projecto	BB	BB		GeT, RdQ														
C Confirmar eficácia das acções de melhoria																		
Estimativa dos níveis de desempenho após a implementação das acções de melhoria	ET	BB	CoT	RdQ														
Confirmação da eficácia das acções de melhoria	ET	BB	CoT	RdQ														
Estabelecimento e comunicação do(s) novo(s) procedimento(s), com acções de monitorização e controlo sobre aplicação das	ET	BB	CoT, GeT, GeP	RdQ, STML														
Reunião final do projecto	BB	BB		GeT, RdQ														
Pós-projecto																		
Auditoria ao projecto Seis Sigma	EA	AC	STML	RdQ, BB, GeT, CoT														

Legenda:

- BB - Black Belt ET - Equipa de projecto CoT - Coordenador Técnico GeT - Gestor da STML
- GeP - Gestores de Processo GeC - Gestor Comercial RdQ - Responsável da Qualidade
- AC - Auditor Coordenador EA - Equipa auditora

Figura XIV.4 – Cronograma e matriz RACI do projecto Seis Sigma “Stocks de materiais”.

Define – Definir âmbito e requisitos aplicáveis

Esta fase iniciou-se com a definição inequívoca do âmbito do projecto Seis Sigma, tendo sido usada, para auxiliar neste objectivo, a ferramenta *In-Scope/Out-of-Scope* (figura XIV.5).

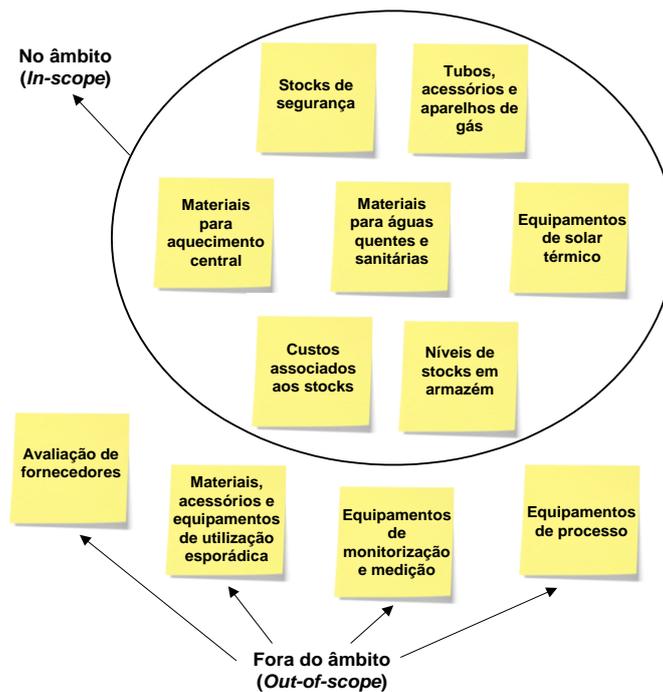


Figura XIV.5 – Definição do âmbito do projecto Seis Sigma através do *In-Scope/Out-of-Scope*.

Definiu-se igualmente que os artigos ou materiais, que se inserem no âmbito do projecto, cumprem os seguintes critérios:

- São armazenados com regularidade.
- Têm uma utilização frequente, não esporádica, nos serviços prestados.

Efectuado o levantamento dos artigos que satisfaziam ambos os critérios, realizou-se uma análise de Pareto, de modo a poder concluir-se sobre quais deles representavam efectivamente um maior valor do *stock*. O valor do *stock* é calculado, para cada artigo, através da seguinte expressão:

$$\text{Valor do Stock} = \text{Custo unitário médio de compra} \times \text{Quantidade consumida} \quad (\text{XIV.1})$$

O cálculo teve por base os dados relativos ao ano de 2009, compilados pela área administrativa da STML. Para cada artigo, o custo unitário médio de compra foi determinado através das facturas arquivadas, correspondentes a esse ano. A quantidade consumida/utilizada, em 2009, foi apurada através dos relatórios de serviço desse ano, que contêm os acessórios, materiais e aparelhos instalados no decorrer do serviço.

Uma vez determinados os vários valores do *stock*, construiu-se o diagrama de Pareto (figura XIV.6). Este exercício permitiu identificar, dos muitos artigos, quais os poucos que são verdadeiramente relevantes de gerir. Associado à análise de Pareto, efectuou-se, seguidamente, uma análise de classificação ABC (figura XIV.7), de modo a determinar que artigos deveriam inserir-se na classe A (entre 10% a 20% dos artigos representam 65% a 80% do valor do *stock*), os de maior importância, e que seriam o enfoque do projecto Seis Sigma.

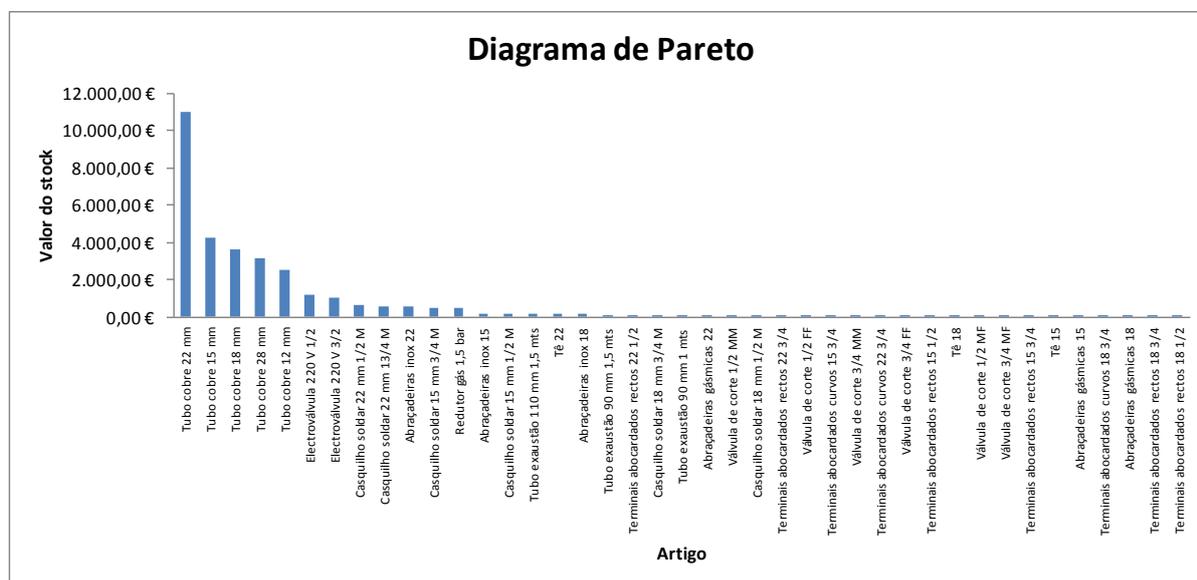


Figura XIV.6 – Diagrama de Pareto relativo aos valores do *stock* dos artigos habitualmente armazenados e utilizados na prestação dos serviços.

Os artigos considerados relevantes, devido ao facto de se enquadrarem na classe A (quadro XIV.7), são os tubos de cobre, nomeadamente aqueles cujos diâmetros exteriores são mais comuns nas redes de utilização de gás. Estas conclusões não constituíram grande surpresa, pelo facto de mais de 70% da actividade da empresa incidir sobre trabalhos de execução de instalações de gás e mudança de gás, no segmento das redes de utilização. Outra razão deve-se ao aumento dos preços dos materiais em cobre, em resultado da escalada dos valores transaccionados no mercado de *commodities*.

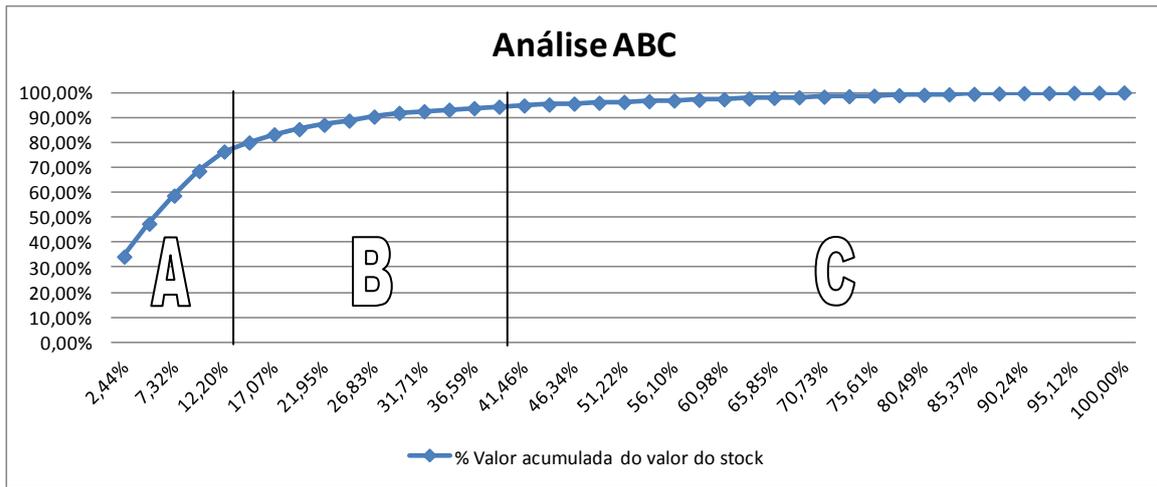


Figura XIV.7 – Classificação ABC dos artigos na análise de Pareto.

Quadro XIV.7 – Detalhe da classificação ABC dos artigos na análise de Pareto.

Classe	Artigos	% total do valor do stock	% total dos artigos
A	Tubo de cobre diâmetro 22mm	76,38%	12,20%
	Tubo de cobre diâmetro 15mm		
	Tubo de cobre diâmetro 18mm		
	Tubo de cobre diâmetro 28mm		
	Tubo de cobre diâmetro 12mm		
B	Electroválvula 220 V ½	17,96%	26,83%
	Acessório "Tê" 22mm		
C	Abraçadeira em inox	5,66%	60,97%
	Terminais abocardados rectos 18 1/2		

Dada a importância do princípio da abordagem à gestão como um sistema, desenvolveu-se um diagrama de sistemas, que permitisse reflectir sobre o impacto do projecto Seis Sigma, quer no SGQ, quer na organização. Constata-se (figura XIV.8) a existência de vários ciclos positivos (R – *Reinforcing Looping*), que revelam amplificações positivas, resultantes das melhorias introduzidas na gestão dos stocks sobre o SGQ da empresa e os resultados do negócio em geral.

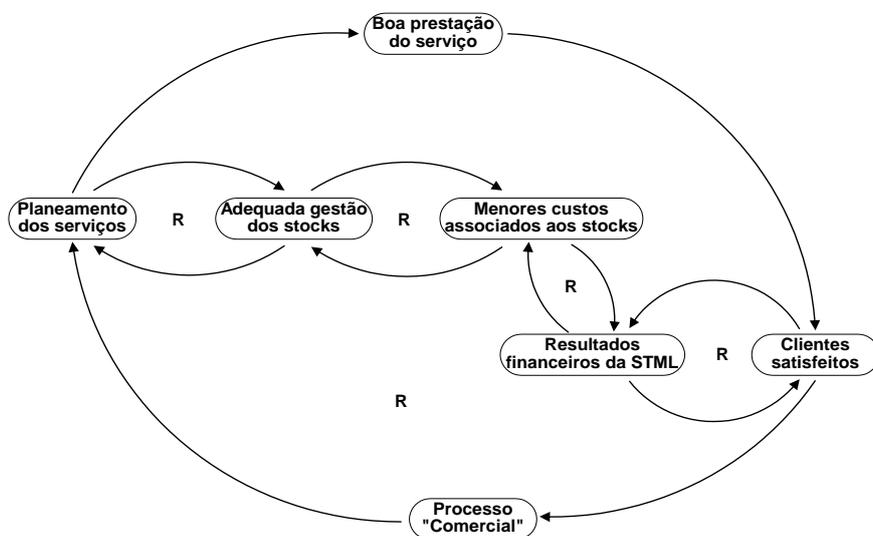


Figura XIV.8– Diagrama de sistemas relativo ao âmbito do projecto Seis Sigma definido.

Measure – Medir nível de desempenho

A primeira actividade realizada nesta fase do projecto consistiu na definição de indicadores-chave que permitissem estimar o desempenho da gestão de *stocks*. Os indicadores-chave de desempenho (KPIs) estabelecidos estão descritos no quadro XIV.8.

Quadro XIV.8 – Indicadores-chave definidos para medir o desempenho da gestão de *stocks*.

Nome do KPI	Significado	Expressão para calcular o valor do KPI	
Nível Médio de <i>Stock</i>	N.º médio de unidades existentes em <i>stock</i> num dado período de tempo.	$NMS = \frac{\text{N.º de unidades em stock durante o período de tempo}}{\text{Período de tempo}}$	(XIV.2)
Taxa de Rotação do <i>Stock</i>	N.º médio de vezes em que o <i>stock</i> é renovado num dado período de tempo.	$TR = \frac{\text{N.º unidades consumidas durante o período de tempo}}{NMS}$	(XIV.3)
Nível de Serviço	Percentagem de vezes em que há disponibilidade de artigos em <i>stock</i> para satisfazer a procura.	$NS = \frac{\text{N.º vezes que a procura pelo artigo é satisfeita}}{\text{N.º de vezes que ocorre procura pelo artigo em stock}}$	(XIV.4)

Dada a relevância que representam num contexto de gestão de *stocks*, procedeu-se de seguida à estimativa dos custos associados às existências. Destes, dois custos assumem particular importância: (1) custo de aprovisionamento (custo associado à realização de uma encomenda/compra); (2) custo de posse (custo inerente à manutenção de uma unidade do artigo em *stock* durante um período de tempo). Relativamente ao custo de posse, é sobretudo importante conhecer a chamada taxa de custo de posse, que corresponde à razão ou ao quociente entre o custo de posse num determinado período de tempo e o valor médio do *stock* no mesmo período temporal.

O custo de aprovisionamento (C_a) foi determinado através do apuramento ou da estimativa dos seguintes dados, relativos ao ano de 2009:

- Número de ordens de compra efectuadas (OC).
- Percentagem, dessas ordens de compra, que diz respeito a artigos/materiais necessários à prestação dos serviços (%OC).
- Custos de mão-de-obra associados ao processo de realização de encomendas (CMOE).
- Percentagem de tempo que a(s) pessoa(s), envolvidas directamente na realização de encomendas, dispõem na criação, expedição e acompanhamento das encomendas efectuadas desse tipo de artigos/materiais (%MOE).
- Custos de mão-de-obra associados ao pagamento a fornecedores (CMOF).
- Percentagem de tempo que a(s) pessoa(s), envolvida(s) no pagamento a fornecedores, dispõem neste tipo de actividades (%MOF).
- Outros custos processuais, exceptuando a mão-de-obra, associados à realização de encomendas e ao pagamento a fornecedores (CPE).

A expressão XIV.5, desenvolvida a partir do sugerido por Piasecki (2009), permitiu calcular, com base nos dados acima indicados, o valor do custo de aprovisionamento.

$$C_a = \frac{CMOE \times \%MOE + CMOF \times \%MOF + CPE}{OC \times \%OC} = 20,22 \text{ € / encomenda} \quad (\text{XIV.5})$$

Relativamente ao custo de posse, este corresponde à soma das seguintes parcelas de custos, as quais foram estimadas com base em dados de 2009:

- *Custo de capital* ($C_{capital}$) – Calculado multiplicando o valor médio do *stock*, em 2009, com a taxa de rentabilidade que se obteria se esse dinheiro “empatado” em *stock* fosse aplicado num investimento relativamente seguro (esta parcela equivale a um custo de oportunidade).
- *Custo dos impostos* ($C_{impostos}$) – Custos tributados às existências em armazém (esta parcela concluiu-se ser nula).
- *Custos dos seguros* ($C_{seguros}$) – Referentes aos prémios de seguro contra incêndio, roubos ou outros risco (concluiu-se que esta parcela era nula, dado o regime de arrendamento).
- *Custo de deterioração e obsolescência* ($C_{deterioração}$) – Abrange sobretudo os prejuízos monetários derivados de: material danificado em armazém, prazos de validade que foram ultrapassados, artigos que não cumprem as novas disposições legais ou regulamentares.
- *Custo de armazém e manutenção do armazém* ($C_{armazém}$) – Inclui o valor da renda do armazém mais as despesas relacionadas com a limpeza e conservação do mesmo.
- *Custo de manuseamento dos artigos* ($C_{manuseamento}$) – Referente ao encargo com as operações de *picking*, recepção de encomendas e manuseamento de artigos em armazém.

A taxa de custo de posse, simbolizada por I , foi calculada através da expressão XIV.6, proposta por Piasecki (2009).

$$I = \frac{C_{capital} + C_{impostos} + C_{seguros} + C_{deterioração} + C_{armazém} + C_{manuseamento}}{\text{Valormédiado stock em 2009}} = 11,94\%/\text{ano} \quad (\text{XIV.6})$$

A fase de *Measure* terminou com a determinação dos níveis presentes de desempenho relativos à gestão de *stocks* dos artigos, classificados como categoria A na análise ABC. Tal passou por estimar os valores para os três KPIs definidos, indicados no quadro XIV.8, e do Nível Sigma.

Com base nos movimentos de entrada e saída de cada um dos artigos de classe A, foi possível estimar os níveis de existências ao longo de 2009. As quantidades compradas e datas em que deram entrada na STML puderam ser apuradas nas guias de remessa e/ou facturas. Os movimentos de saída dos materiais puderam ser detectados com alguma razoabilidade através da indicação dos materiais usados nos trabalhos, disponíveis nos relatório de serviço. Novamente, o secretariado foi fundamental na compilação dos dados. Os valores dos níveis médios do *stock*, calculados através da equação XIV.2, encontram-se indicados no quadro XIV.9.

Quadro XIV.9 – Valores do Nível Médio de *Stock*, estimados para os artigos de classe A, em 2009.

	Tubo de cobre diâmetro 12mm	Tubo de cobre diâmetro 15mm	Tubo de cobre diâmetro 18mm	Tubo de cobre diâmetro 22mm	Tubo de cobre diâmetro 28mm
Nível Médio de <i>Stock</i> (NMS)	69,5 metros	106,0 metros	66,6 metros	149,3 metros	52,8 metros

Através da equação XIV.3, determinaram-se os valores da Taxa de Rotação do *Stock* para cada um dos artigos classificados como classe A, utilizando os dados referentes a 2009. Os valores estão indicados no quadro XIV.10.

Quadro XIV.10 – Valores da Taxa de Rotação de *Stock*, apurados para os artigos de classe A, em 2009.

	Tubo de cobre diâmetro 12mm	Tubo de cobre diâmetro 15mm	Tubo de cobre diâmetro 18mm	Tubo de cobre diâmetro 22mm	Tubo de cobre diâmetro 28mm
Taxa de Rotação do <i>Stock</i> (TR)	4,46	4,34	4,81	5,26	3,22

O Nível de Serviço, expresso em percentagem, é uma medida que permite verificar como as necessidades de procura por um artigo estão a ser satisfeitas, através da sua disponibilidade em *stock*. Equivale à probabilidade de não ocorrer ruptura de *stock* (Silver *et al.*, 1998). Através da expressão XIV.4 e utilizando os dados de 2009, conseguiu-se estimar o Nível de Serviço para cada um dos artigos classificados como classe A (quadro XIV.11).

Quadro XIV.11 – Valores do Nível de Serviço, estimados para os artigos de classe A, em 2009.

	Tubo de cobre diâmetro 12mm	Tubo de cobre diâmetro 15mm	Tubo de cobre diâmetro 18mm	Tubo de cobre diâmetro 22mm	Tubo de cobre diâmetro 28mm
Nível de Serviço (NS)	100,00%	100,00%	96,67%	95,12%	95,00%

O Nível de Serviço global é igual ao produto das cinco probabilidades indicadas no quadro anterior:

$$NS_{\text{Global}} = \prod_{i=1}^5 NS_i = 1,0000 \times 1,0000 \times 0,9667 \times 0,9512 \times 0,9500 = 0,873549 = 87,3549 \% \quad (\text{XIV.7})$$

Correspondendo o Nível de Serviço à probabilidade de a procura, pelos artigos em *stock*, ser inteiramente satisfeita e, tendo sido estudada e confirmada a Normalidade dos dados dessa procura, pode, consultando uma tabela da Distribuição Normal reduzida, determinar-se o valor de Z (Silver *et al.*, 1998), que equivale ao Nível Sigma. Consultando essa tabela, para o Nível de Serviço indicado, conclui-se que o Nível Sigma é aproximadamente igual a:

$$Z_{\text{Global-LP}} = 1,14$$

Este Nível Sigma é de longo prazo, pois foi obtido a partir de um Nível de Serviço, cujo desvio-padrão da procura foi estimado a partir de dados que provêm de uma série histórica longa, de 1 ano. Atendendo à assunção do desvio até $\pm 1,5\sigma$, estimou-se o Nível Sigma global de curto prazo:

$$Z_{\text{Global-CP}} = Z_{\text{Global-LP}} + 1,5 = 2,64$$

Nesta fase, procedeu-se ainda ao apuramento dos custos totais dos *stocks* (C_{TS}), incorridos em 2009, para cada artigo da classe A (quadro XIV.12). O cálculo teve por base a seguinte expressão:

$$C_{TS} = N_{\text{encomendas}} \times C_a + I \times c \times NMS \quad (\text{XIV.8})$$

A simbologia utilizada na equação anterior é a seguinte:

$N_{\text{Encomenda}}$ – Número de encomendas feitas do artigo em 2009.

C_a – Custo de aprovisionamento.

I – Taxa de custo de posse.

c – Custo unitário do artigo.

NMS – Nível médio de *stock*.

Quadro XIV.12 – Custos totais dos stocks estimados para os artigos de classe A, em 2009.

	Tubo de cobre diâmetro 12mm	Tubo de cobre diâmetro 15mm	Tubo de cobre diâmetro 18mm	Tubo de cobre diâmetro 22mm	Tubo de cobre diâmetro 28mm
Custos Totais do Stock (C_{TS})	127,65 €	217,51 €	190,69 €	330,92 €	197,93 €

Analyse – Analisar dados e descobrir causas

Na terceira fase do projecto Seis Sigma começou-se por procurar identificar as possíveis causas justificativas dos níveis desadequados de stock, espelhados nos valores registados para os indicadores-chave de desempenho estabelecidos, bem como no baixo Nível Sigma verificado. Recorreu-se, para tal, à utilização de um diagrama de Ishikawa, ou causa-efeito (figura XIV.9).

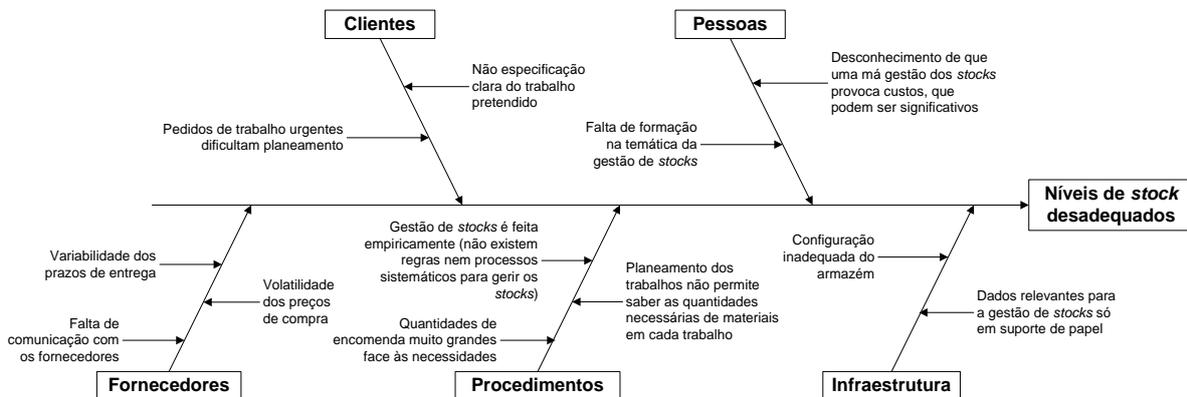


Figura XIV.9 – Diagrama de Ishikawa sobre possíveis causas para os níveis desadequados de stocks.

Com o propósito de compreender melhor as possíveis causas identificadas, as relações entre elas, e como afectam o problema central (níveis de stocks desadequados), construiu-se um diagrama de interrelações (figura XIV.10).

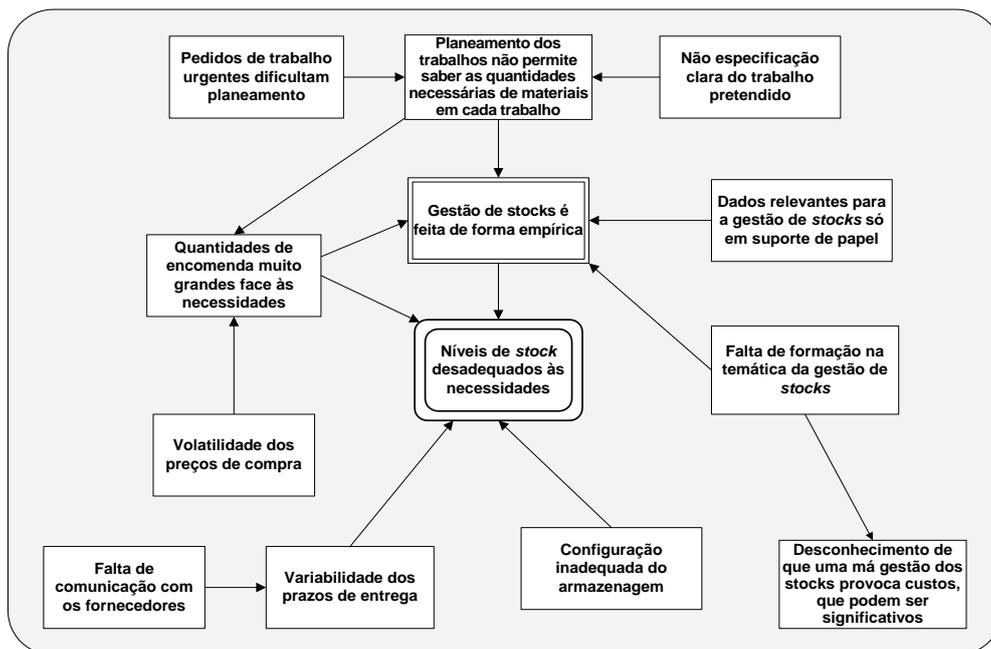


Figura XIV.10 – Diagrama de interrelações para análise das relações entre potenciais causas.

Cada seta estabelece as relações de causa-efeito, até ao efeito último, que é o problema central. A “força-motora”, ou causa-chave, do problema central é aquela que tem maior número total de setas, a entrar e a sair, ou seja, a gestão de *stocks* realizada de forma empírica, ou “a olho”.

Para determinar a(s) causa(s)-raiz do problema, associada(s) à causa-chave identificada, utilizou-se a ferramenta dos Cinco Porquês (5 *Whys*), com os resultados ilustrados na figura XIV.11.

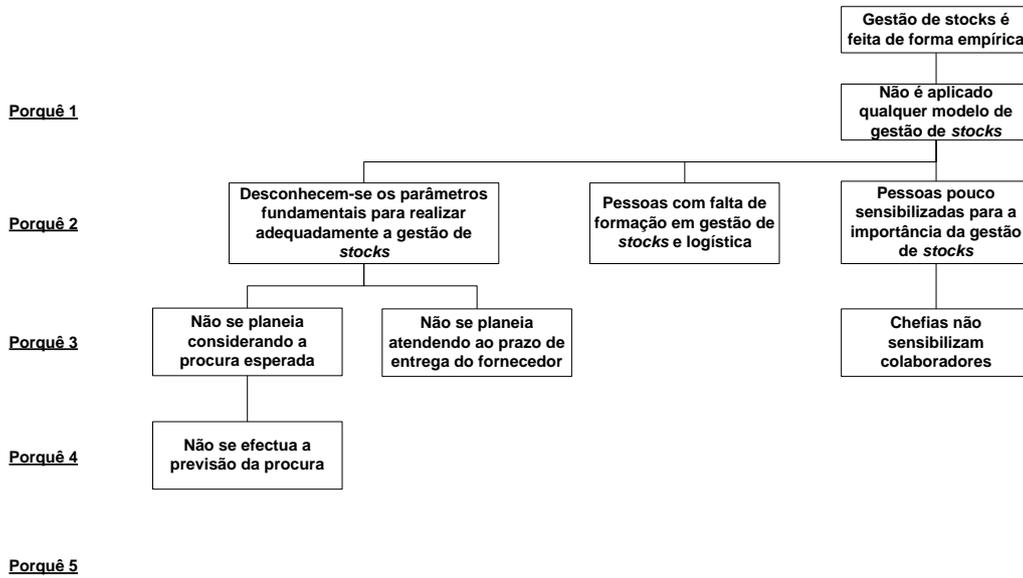


Figura XIV.11 – Aplicação dos Cinco Porquês para identificação da(s) causa(s)-raiz.

Finalmente, procedeu-se à identificação de todas as relações $Y = f(X)$, em termos de características críticas para a qualidade (os Ys) e variáveis-chave de entrada (os Xs) (figura XIV.12).

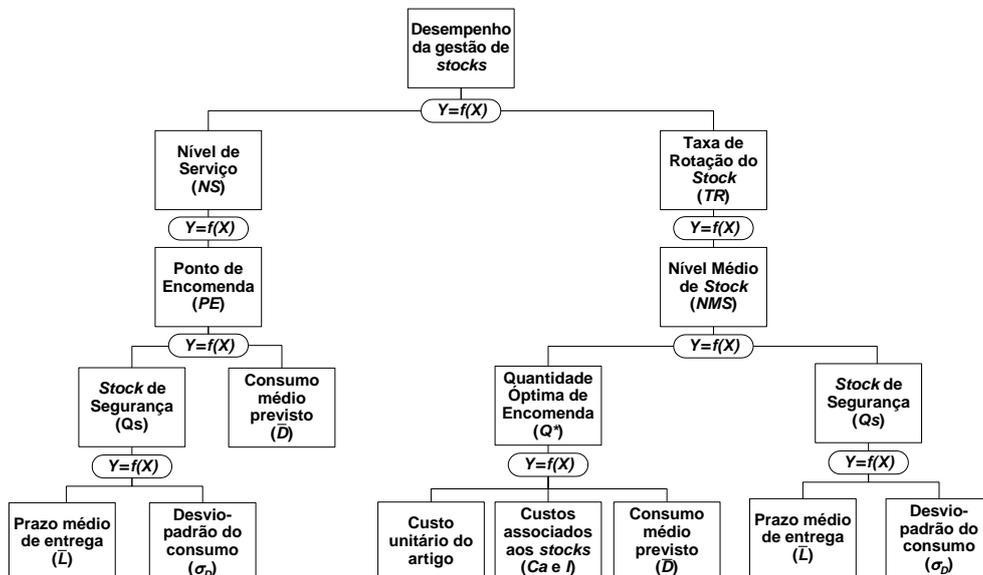


Figura XIV.12 – Relações $Y = f(X)$, referentes à gestão de *stocks*, através de uma árvore de CTQCs.

***Improve* – Implementar acções de melhoria**

Face às análises e conclusões que derivaram da fase anterior, foram sugeridas, através de uma sessão de *brainstorming*, possíveis medidas de melhoria para aumentar os níveis de desempenho, relativamente à gestão de *stocks* na STML. Indicam-se as principais medidas propostas na sessão:

- Implementar um sistema de contagem cíclica de existências (*cycle counting*) para os artigos de classe A.
- Incluir formação e sensibilização em gestão de *stocks* no plano de formação, confirmando posteriormente a eficácia da(s) acção(ões) ministrada(s).
- Reconfigurar o espaço de armazenagem, afectando áreas de armazenagem por actividade de negócio.
- Reconfigurar o espaço de armazenagem de modo a reunir, na área afecta à actividade de negócio de gás, os diversos materiais e acessórios em torno dos diâmetros de tubagem (artigos de classe A) a que dizem respeito.
- Informatizar os movimentos de entrada e saída do armazém para os produtos de classe A, estendendo esta medida, mais tarde, aos de classe B.
- Definir *stocks* de segurança, pontos de encomenda e quantidades óptimas de encomenda para os artigos de classe A.

Das acções de melhoria acima referidas, a viabilidade de implementação da última requereu um tratamento e análise de dados adicionais, que teve por base a seguinte metodologia:

- 1.º) Verificar a distribuição estatística que caracteriza o consumo ou a procura de cada um dos artigos da classe A.

Começou-se por compilar os dados disponíveis, entre Julho de 2008 e Dezembro de 2009, sobre o consumo mensal, medido em número de metros, de cada tubo de cobre pertencente à classe A dos *stocks*. Com base nessas 18 observações, estudou-se a possibilidade de o consumo mensal ser caracterizado por uma distribuição estatística conhecida, nomeadamente a Normal. Para isso, foi utilizado o teste de Anderson-Darling (A-D), que se baseia nas seguintes hipóteses nula e alternativa:

H_0 : Os dados relativos ao consumo mensal do artigo são Normalmente distribuídos.

H_1 : Os dados relativos ao consumo mensal do artigo não são Normalmente distribuídos.

Para um nível de significância de 5% ($\alpha=0,05$), e usando o *software* Minitab 16, realizou-se o teste de A-D para os cinco artigos de classe A, cujos resultados se encontram indicados no gráfico da Distribuição Normal (figura XIV.13).

Uma vez que o parâmetro “p-value” é, nas cinco situações, superior ao nível de significância, a hipótese nula (H_0) não é rejeitada, pelo que se assume, nos três passos seguintes da metodologia, que o consumo mensal de qualquer um dos artigos de classe A pode ser modelado através de uma Distribuição Normal.

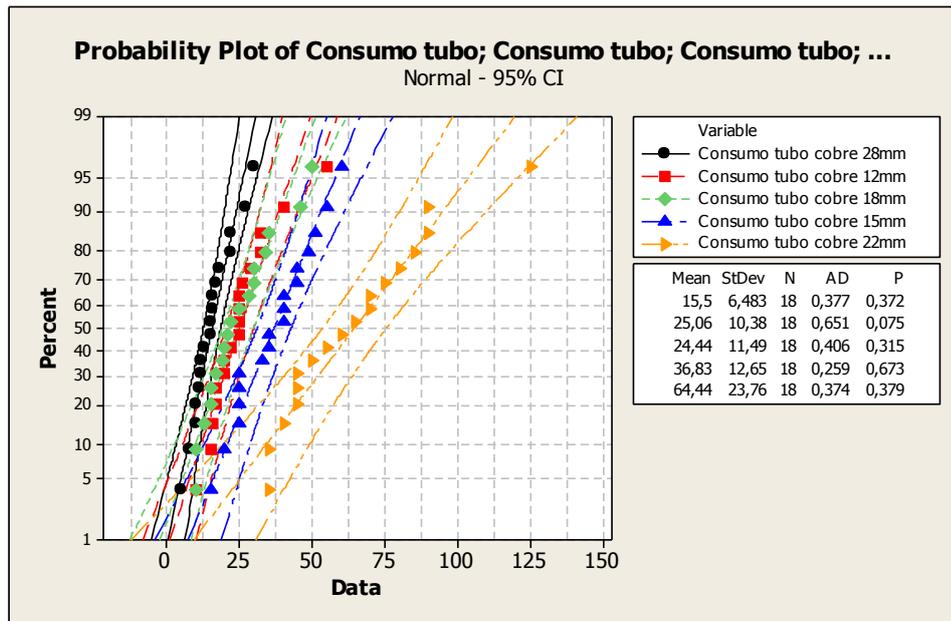


Figura XIV.13 – Gráfico da Distribuição Normal e resultados do teste de Anderson-Darling.

2.º) Para cada artigo de classe A, prever o seu consumo médio e respectivo desvio-padrão.

Começou-se por representar graficamente a evolução temporal do consumo mensal, entre Julho de 2008 e Dezembro de 2009, de cada um dos cinco artigos de classe A. Através de análise de tendências, verificou-se, nos cinco gráficos de tendência obtidos, como é exemplo o conteúdo da figura XIV.14, que as respectivas séries apresentavam um comportamento que se pode considerar estacionário (i.e. sem tendência, sazonalidade ou ciclicidade), em que os valores mensais fluuavam em torno de um valor médio.

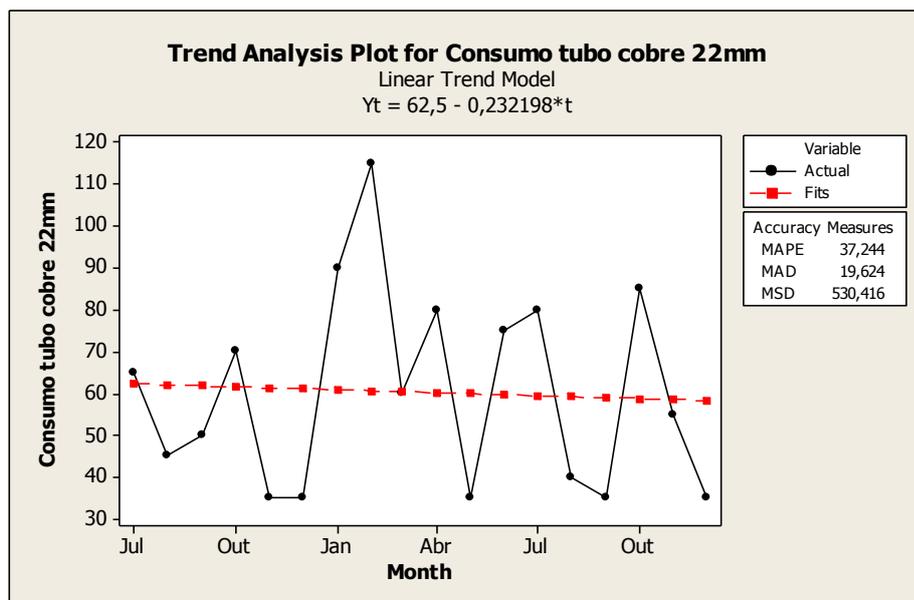


Figura XIV.14 – Série temporal do consumo mensal (em número de metros consumidos) do tubo do cobre com 22 mm de diâmetro exterior, e respectiva análise de tendência.

As técnicas de previsão seguintes, adequadas para séries cronológicas estacionárias, foram usadas com o objectivo de prever os níveis médios de consumo de cada um dos cinco tipos de tubo de cobre e também o desvio-padrão desse consumo:

- Técnica de médias móveis.
- Técnica de alisamento exponencial simples

Testaram-se, na aplicação da técnica de médias móveis, diferentes amplitudes de médias móveis e, na aplicação da técnica de alisamento exponencial simples, distintos valores para a constante de amortecimento, admitindo esta valores entre 0 e 1. O objectivo destes testes foi o de verificar qual a técnica e, para esta, qual o valor do parâmetro, que minimizava os erros de previsão, ou seja, que apresentava um menor erro quadrático médio (*MSE – Mean Square Error*). Os resultados obtidos constam do quadro XIV.13.

Com base na escolha feita das técnicas de previsão e dos respectivos valores dos parâmetros (quadro XIV.13), pôde proceder-se à previsão do consumo de cada um dos cinco artigos, após Dezembro de 2009. Assumindo as séries cronológicas como continuando a ser estacionárias, as previsões do consumo médio e do seu desvio-padrão, para Janeiro de 2010, seriam aproximadamente os mesmos para os meses seguintes. As previsões constam do quadro XIV.14.

Quadro XIV.13 – Técnicas de previsão e valores dos seus parâmetros que, pelo facto de minimizarem o valor de MSE, serão usadas para estimar o consumo esperado de cada artigo de classe A.

Artigo de classe A	Melhor técnica de previsão	Parâmetro da técnica	Melhor valor para o parâmetro	Erro Quadrático Médio (<i>MSE</i>) correspondente
Tubo cobre 12mm	Alisamento exponencial simples	Constante de amortecimento	0,005	104,569
Tubo cobre 15mm	Alisamento exponencial simples	Constante de amortecimento	0,075	138,507
Tubo cobre 18mm	Alisamento exponencial simples	Constante de amortecimento	0,006	139,485
Tubo cobre 22mm	Alisamento exponencial simples	Constante de amortecimento	0,075	605,968
Tubo cobre 28mm	Médias móveis	Amplitude da média móvel	6	26,523

Quadro XIV.14 – Previsões da média e desvio-padrão do consumo para os artigos de classe A.

Artigo de classe A	Técnica de previsão usada	Consumo médio previsto (\bar{D})	Desvio-padrão do consumo previsto ($\sigma_D = \sqrt{MSE}$)
Tubo cobre 12mm	Alisamento exponencial simples (constante amortecimento = 0,005)	23 metros/mês	10,22 metros/mês
Tubo cobre 15mm	Alisamento exponencial simples (constante amortecimento = 0,075)	34 metros/mês	11,77 metros/mês
Tubo cobre 18mm	Alisamento exponencial simples (constante amortecimento = 0,006)	23 metros/mês	11,81 metros/mês
Tubo cobre 22mm	Alisamento exponencial simples (constante amortecimento = 0,075)	57 metros/mês	24,62 metros/mês
Tubo cobre 28mm	Médias móveis (amplitude média móvel = 6)	15 metros/mês	5,15 metros/mês

3.º) Para cada artigo de classe A, estimar o prazo de entrega e o respectivo desvio-padrão.

Todos os tubos de cobre, independentemente do seu diâmetro exterior, são adquiridos a um fornecedor geograficamente próximo, que tem geralmente o material disponível para entrega. O prazo de entrega médio, \bar{L} , é de cerca de 1 dia e pode ser considerado determinístico (desvio-padrão igual a zero), pela razão referida. Assim, para os cinco artigos de classe A:

- Prazo de entrega médio: $\bar{L} = 1$ dia.
- Desvio-padrão do prazo de entrega: $\sigma_L = 0$ dias.

4.º) Para cada artigo de classe A, determinar a quantidade óptima de encomenda (Q^*), ponto de encomenda (PE) e *stock* de segurança (Q_s).

A quantidade óptima de encomenda, para cada artigo de classe A, foi calculada de acordo com a expressão seguinte (Silver *et al.*, 1998):

$$Q^* = \sqrt{\frac{2 \times \bar{D} \times C_a}{I \times c}} \quad (\text{XIV.9})$$

O *stock* de segurança, quando os dados sobre o consumo/procura de um determinado artigo são Normalmente distribuídos, é dado por (Silver *et al.*, 1998):

$$Q_s = Z_{\text{artigo-LP}} \times \sqrt{\bar{L}} \times \sigma_D \quad (\text{XIV.10})$$

O valor de $Z_{\text{artigo-LP}}$, conhecido na temática da gestão de *stocks* por factor de segurança, depende do Nível de Serviço que se pretenda estabelecer. O Nível de Serviço equivale à probabilidade de não ocorrer ruptura de *stock*. A variável $Z_{\text{artigo-LP}}$ diz respeito ao valor de Z que, na tabela da Distribuição Normal Reduzida, está associada ao Nível de Serviço pretendido (figura XIV.15). O valor do $Z_{\text{artigo-LP}}$ corresponde, portanto, ao Nível Sigma (de longo prazo) que se pretende assegurar para o processo de gestão dos *stocks* do artigo em causa.

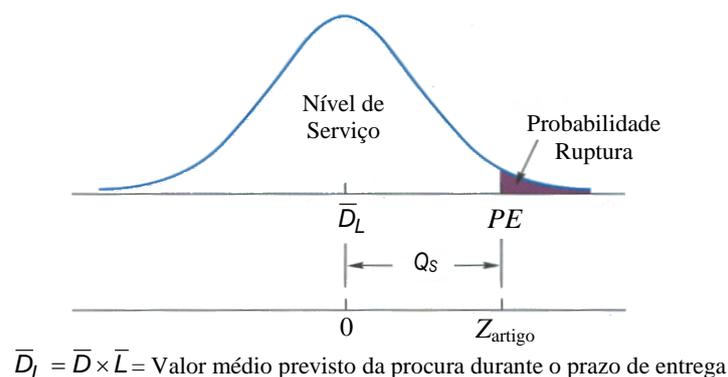


Figura XIV.15– Representação gráfica do Nível de Serviço, *Stock* de Segurança e Ponto de Encomenda, quando o consumo de um artigo seguir uma Distribuição Normal.

O ponto de encomenda, que corresponde ao nível de existências do artigo em que deve ser realizada uma nova encomenda, é obtido através de (Silver *et al.*, 1998):

$$PE = \bar{D} \times \bar{L} + Q_s = \bar{D} \times \bar{L} + Z_{\text{artigo}} \times \sqrt{\bar{L}} \times \sigma_D \quad (\text{XIV.11})$$

O quadro XIV.15 apresenta, para os cinco artigos, os valores obtidos para os três parâmetros através das equações anteriores. Dado tratarem-se de artigos da classe A, definiram-se Níveis Sigma elevados, os quais implicam valores de Níveis de Serviço próximos de 100% e um *stock* de segurança relativamente alto, face ao baixo prazo de entrega esperado (1 dia).

Quadro XIV.15 – Quantidades óptimas de encomenda para os artigos de classe A, assim como valores do *stock* de segurança e ponto de encomenda para os Níveis de Serviço indicados.

Artigo de classe A	Nível Serviço pretendido (NS)	Nível Sigma longo prazo ($Z_{\text{artigo-LP}}$)	Nível Sigma curto prazo ($Z_{\text{artigo-CP}}$)	<i>Stock</i> de segurança (Q_S)	Ponto de Encomenda (PE)	Quantidade Óptima de Encomenda (Q^*)
Tubo cobre 12mm	99,9968%	4,00	5,50	8 metros	9 metros	108 metros
Tubo cobre 15mm	99,9968%	4,00	5,50	9 metros	11 metros	123 metros
Tubo cobre 18mm	99,9968%	4,00	5,50	9 metros	10 metros	91 metros
Tubo cobre 22mm	99,9968%	4,00	5,50	18 metros	20 metros	129 metros
Tubo cobre 28mm	99,9968%	4,00	5,50	4 metros	5 metros	58 metros

Os valores de Q^* , que constam do quadro anterior, foram calculados considerando os custos em vigor na altura e os níveis de consumo previstos. Devido à volatilidade dos preços dos metais no mercado das *commodities*, isso pode implicar alterações significativas nos custos unitários dos tubos de cobre, fazendo alterar as quantidades óptimas de encomenda. Relativamente ao consumo previsto, alterações significativas na conjuntura dos mercados de negócio, tais como situações de retracção na procura dos serviços devido à envolvente económica, requerem novas previsões de consumo, que também implicarão uma revisão das quantidades óptimas de encomenda. Novas previsões para o consumo implicarão também ajustes nos valores dos *stocks* de segurança e pontos de encomenda.

A implementação do conjunto de acções de melhoria, delineadas durante esta fase, foi planeada através da técnica 5W1H (quadro XIV.16).

Control – Confirmar eficácia das acções de melhoria

Nesta fase começou-se por estimar os novos níveis de desempenho previstos, decorrentes das acções de melhoria estabelecidas na fase anterior. A partir da definição dos *stocks* de segurança, pontos de encomenda e quantidades óptimas de encomenda para os artigos de classe A, foi possível prever os níveis de desempenho relativamente a dois indicadores-chave de desempenho (KPIs): Nível Médio de *Stock* (NMS) e Taxa de Rotação do *Stock* (TR). Foi ainda possível estimar os custos totais do *stock* (C_{TS}), previstos para cada tipo de tubo de cobre.

O Nível Médio de *Stock* previsto foi calculado a partir da seguinte expressão:

$$NMS = \frac{Q^*}{2} + Q_S \quad (\text{XIV.12})$$

Quadro XIV.16 – Planeamento das acções de melhoria através da técnica 5W1H.

O quê (What?)	Quem? (Who?)	Quando? (When?)	Porquê? (Why?)	Onde? (Where?)	Como? (How?)
Contagem cíclica dos artigos de classe A	Departamento Técnico	Trimestralmente	Confirmar os verdadeiros níveis das existências em armazém	Armazém	Por contagem
Contagem cíclica dos artigos de classe B	Departamento Técnico	Semestralmente	Confirmar os verdadeiros níveis das existências em armazém	Armazém	Por contagem
Reconfiguração do armazém, organizando o espaço por unidade de negócio	Departamento Técnico	Até final de Setembro de 2010	Racionalização do espaço de armazenagem e maior eficiência	Armazém	Afectação de áreas do armazém a cada unidade de negócio para as gerir
Reconfiguração do armazém, organizando o espaço da unidade de negócio gás de modo a reunir os materiais e acessórios afectos a um mesmo diâmetro de tubagem	Departamento Técnico	Até final de Setembro de 2010	Racionalização do espaço de armazenagem e maior eficiência	Armazém	Afectação da mesma área de armazenagem a materiais e acessórios relacionados com um mesmo diâmetro de tubagem
Inclusão das necessidades de formação e de sensibilização em gestão de stocks	Coordenador Técnico	Até final de Abril de 2010	Formalizar a necessidade de formação e sensibilização nesta área	Modelo de registo STML-020	Seguir o disposto no processo SIPOC-S-01
Inclusão das acções de formação e de sensibilização em gestão de stocks no plano de formação	Responsável da Qualidade	Até final de Maio de 2010	Planear a ministração de formação e sensibilização nesta área	Modelo de registo STML-021	Seguir o disposto no processo SIPOC-S-01
Concretização da formação e sensibilização em gestão de stocks	Entidade formadora	Até final de Julho de 2011	Capacitar tecnicamente os colaboradores nesta área e sensibilizá-los para a sua importância	Local da formação	Seguir o disposto no processo SIPOC-S-01
Informatizar os movimentos de entrada e de saída dos artigos de classe A	Departamento Técnico	Até final de Setembro de 2011	Registar e aceder aos dados sobre os movimentos em armazém, para uma gestão mais eficaz dos stocks	Departamento Técnico	Programa de gestão de stocks, que articula MS Access com o MS Excel
Informatizar os movimentos de entrada e de saída dos artigos de classe B	Departamento Técnico	Até final de Outubro de 2011	Registar e aceder aos dados sobre os movimentos em armazém, para uma gestão mais eficaz dos stocks	Departamento Técnico	Programa de gestão de stocks, que articula MS Access com o MS Excel
Efectuar previsões quantitativas para os níveis de consumo dos artigos de classe A	Departamento Técnico	Mensalmente	Actualizar as previsões relativas ao consumo dos artigos de classe A	Departamento Técnico	Técnica de previsão que apresente um menor erro quadrático médio (MSE)
Efectuar previsões qualitativas para os níveis de consumo, face à conjuntura dos mercados e da envolvente económica	Departamento Técnico e Gestão de Topo	No mínimo anualmente	Avaliar os contextos de mercado e os factores sobre a realidade económica, para antecipar eventuais tendências sobre as necessidades de consumo dos artigos, especialmente os de classe A	Revisão pela gestão do SGQ	Métodos de previsão qualitativos
Actualizar, caso necessário, as quantidades óptimas de encomenda, stocks de segurança e pontos de encomenda para os artigos de classe A	Departamento Técnico	Mensalmente	Manter actualizados os parâmetros para a gestão dos stocks dos artigos de classe A	Departamento Técnico	Formas de cálculo correspondentes
Determinar, para cada artigo de classe A, os valores actuais e reais do Nível Médio de Stock, da Taxa de Rotação do Stock e do Nível de Serviço	Departamento Técnico	Mensalmente	Manter actualizados os valores dos KPIs do processo de gestão de stocks	Departamento Técnico	Formas de cálculo correspondentes

A Taxa de Rotação do Stock prevista, calculada numa base anual, foi obtida através da equação seguinte:

$$TR = \frac{\bar{D} \times 12}{NMS} \quad (XIV.13)$$

Os custos totais anuais, previstos ocorrerem com a constituição de stocks, foram determinados através da equação seguinte:

$$C_{TS} = \frac{\bar{D}}{Q^*} \times C_a + I \times c \times NMS \quad (XIV.14)$$

O quadro XIV.17 contém os valores previstos para os três indicadores mencionados, relativamente a cada um dos artigos de classe A. O quadro indica novamente o valor previsto para o Nível de Serviço, outro dos KPIs importantes. O desempenho previsto é comparado com o desempenho inicial, apurado na fase de *Measure*, também conhecido por *baseline*.

Quadro XIV.17 – Comparação entre os níveis iniciais de desempenho e os níveis previstos de desempenho após a adopção das acções de melhoria.

Artigo de classe A	Desempenho	Nível Médio de Stock (NMS)	Taxa de Rotação do Stock (TR)	Nível de Serviço (NS)	Custo Total do Stock (C _{TS})
Tubo cobre 12 mm	Inicial (<i>baseline</i>)	69,5 metros	4,46	100,00%	127,65 €
	Previsto	62,0 metros	4,45	99,9968%	111,59 €
Tubo cobre 15 mm	Inicial (<i>baseline</i>)	106 metros	4,34	100,00%	217,51 €
	Previsto	70,5 metros	5,79	99,9968%	144,75 €
Tubo cobre 18 mm	Inicial (<i>baseline</i>)	66,6 metros	4,81	96,67%	190,69 €
	Previsto	54,5 metros	5,06	99,9968%	134,61 €
Tubo cobre 22 mm	Inicial (<i>baseline</i>)	149,3 metros	5,26	95,12%	330,92 €
	Previsto	82,5 metros	8,29	99,9968%	245,83 €
Tubo cobre 28 mm	Inicial (<i>baseline</i>)	52,8 metros	3,22	95,00%	197,93 €
	Previsto	33,0 metros	5,45	99,9968%	136,69 €

O novo Nível de Serviço global previsto é igual a:

$$NS_{\text{Global}} = \prod_{i=1}^5 NS_i = 0,999968 \times 0,999968 \times 0,999968 \times 0,999968 \times 0,999968 = 0,999840 = 99,9840 \%$$

O Nível Sigma global de longo prazo, que corresponde a este Nível de Serviço, é igual a:

$$Z_{\text{Global-LP}} = 3,60$$

Atendendo à assunção do desvio até $\pm 1,5\sigma$, o Nível Sigma global de curto prazo é o seguinte:

$$Z_{\text{Global-CP}} = Z_{\text{Global-LP}} + 1,5 = 5,10$$

O quadro XIV.18 resume estes valores globais de desempenho e compara-os com aqueles que foram determinados na fase de *Measure* do projecto e que representam a estimativa do processo de gestão de *stocks* antes da implementação das medidas de melhoria.

Quadro XIV.18 – Comparação entre níveis globais de desempenho do processo de gestão de *stocks*, relativamente aos artigos de classe A, em termos de Nível Sigma e de Nível de Serviço.

Desempenho	Nível de Serviço global (NS _{Global})	Nível Sigma global longo prazo (Z _{Global-LP})	Nível Sigma global curto prazo (Z _{Global-CP})
Inicial (<i>baseline</i>)	87,3549%	1,14	2,64
Previsto	99,9840%	3,60	5,10

De acordo com os valores indicados no quadro XIV.17, estima-se uma poupança global, por ano, de cerca de 290 Euros com a introdução das medidas relacionadas com a adopção de quantidades óptimas de encomendas, pontos de encomenda e *stocks* de segurança. Prevê-se que esta redução de custos e dos níveis médios de *stocks* sejam acompanhados, conforme se constata no mesmo quadro, por uma maior capacidade para providenciar, através da disponibilidade em armazém, os materiais necessários à prestação dos serviços de execução de instalações e/ou de mudança de gás.

Finalmente, procedeu-se à elaboração de um plano de controlo (quadro XIV.19) dos KPIs e das variáveis-chave de entrada (KPIVs), com o objectivo de auxiliar as actividades de medição e monitorização das características críticas envolvidas no processo de gestão de *stocks*.

Quadro XIV.19 – Plano de controlo para o processo de gestão de stocks.

Características Críticas para a Qualidade (CTQC)	Nível do KPW face à CTQC	Variáveis Chave de Entrada (KPEV)	Definição operacional	Forma medição	Frequência da medição	Responsável pela medição	Registo ou controlo	Responsável pelo arquivo	Plano de reacção
Taxa de Rotação do Stock (TR)			$\geq 6,0$	Equação (2) do anexo 1 do processo SIPOC-S-02.	Trimestral	Dep. Técnico	Panel de KPIs	Gestor do processo SIPOC-S-02	Rever níveis de consumo do material (média e desvio-padrão) e ajustar valores de Q^* e Q_s .
	TR-1	Nível Médio de Stock (NMS)	≤ 40 metros	Equação (1) do anexo 1 do processo SIPOC-S-02.	Trimestral	Dep. Técnico	Panel de KPIs	Gestor do processo SIPOC-S-02	Rever níveis de consumo do material (média e desvio-padrão) e ajustar valores de Q^* e Q_s .
	TR-2	Quantidade Óptima de Encomenda (Q^*)	129 ou 130 metros	Equação (5) do anexo 1 do processo SIPOC-S-02. Novo cálculo de Q^* só ocorre se \bar{D} , c , C_a e/ou c_p mudarem.	Mensalmente é verificada a necessidade de recálculo	Dep. Técnico	Dossier de armazém	Secretariado	Se o valor fixado para Q^* não for cumprido na ordem de encomenda, contactar o fornecedor e rectificar.
	TR-2	Stock de Segurança (Q_s)	18 metros	Equação (6) do anexo 1 do processo SIPOC-S-02. Novo cálculo de Q_s só ocorre se o NS pretendido, \bar{L} e/ou c_p mudarem.	Mensalmente é verificada a necessidade de recálculo	Dep. Técnico	Dossier de armazém	Secretariado	Se stock de segurança for ultrapassado, sem haver ordem de compra feita efectuar tratamento de não conformidade de acordo com PS-08-04.
	TR-3	Consumo médio previsto (\bar{D})	57 metros por mês	Valor previsto pela técnica de previsão com menor MSE.	Mensal	Dep. Técnico	Dossier de armazém	Secretariado	Actualizar \bar{D} se a técnica de previsão indicar um valor significativamente diferente daquele em vigor. Se \bar{D} for actualizado, recalcular Q^* .
	TR-3	Custo unitário do artigo (c)	entre 13,70 € e 14,30 €	Custo por metro de tubo em vigor.	Mensal	Dep. Técnico	Dossier de armazém	Secretariado	Se houver alteração ao preço unitário, é necessário recalcular Q^* .
	TR-3	Custo de aprovisionamento (C_a)	20,22 €	Equação (8) do anexo 1 do processo SIPOC-S-02.	Anual	Dep. Técnico e Contabilidade	Dossier de armazém	Secretariado	Se houver alteração significativa ao custo de aprovisionamento, é necessário recalcular Q^* .
	TR-3	Taxa de Custo de Posse (I)	11,94%	Equação (9) do anexo 1 do processo SIPOC-S-02.	Anual	Dep. Técnico e Contabilidade	Dossier de armazém	Secretariado	Se houver alteração significativa à taxa de custo de posse, é necessário recalcular Q^* .
	TR-3	Desvio-padrão do consumo (c_p)	24,62 metros por mês	Raiz quadrada do valor de MSE obtido na aplicação da técnica de previsão.	Mensal	Dep. Técnico	Dossier de armazém	Secretariado	Actualizar c_p se raiz quadrada do MSE, obtido em resultado da aplicação de técnicas de previsão, for significativamente diferente daquele em vigor. Se actualizado, recalcular Q_s .
	TR-3	Prazo médio de entrega (\bar{L})	1 dia	Média simples dos tempos de fornecimento cumpridos nos últimos 6 meses. Novo cálculo de \bar{L} só ocorre se o tempo médio de fornecimento mudar de forma significativa.	Semestral	Dep. Técnico	Dossier de armazém	Secretariado	Se \bar{L} for actualizado, recalcular Q_s .
Nível de Serviço (NS)			$\geq 99,9968\%$	Equação (3) do anexo 1 do processo SIPOC-S-02.	Quadrimestral	Dep. Técnico	Panel de KPIs	Gestor do processo SIPOC-S-02	Rever previsões sobre consumo se Nível de Serviço real não corresponder Nível de Serviço estipulado. Verificar se valor de Q_s é adequado.
	NS-1	Ponto de Encomenda (PE)	20 metros	Equação (7) do anexo 1 do processo SIPOC-S-02. Novo cálculo de PE só ocorre se Q_s , \bar{D} e/ou \bar{L} mudarem.	Mensalmente é verificada a necessidade de recálculo	Dep. Técnico	Dossier de armazém	Secretariado	Se ponto de encomenda for ultrapassado, sem haver ordem de compra feita efectuar tratamento de não conformidade de acordo com PS-08-04.
	NS-2	Stock de Segurança (Q_s)	18 metros	Equação (6) do anexo 1 do processo SIPOC-S-02. Novo cálculo de Q_s só ocorre se o NS pretendido, \bar{L} e/ou c_p mudarem.	Mensalmente é verificada a necessidade de recálculo	Dep. Técnico	Dossier de armazém	Secretariado	Se stock de segurança for ultrapassado, sem haver ordem de compra feita efectuar tratamento de não conformidade de acordo com PS-08-04.
	NS-2	Consumo médio previsto (\bar{D})	57 metros por mês	Valor previsto pela técnica de previsão com menor MSE.	Mensal	Dep. Técnico	Dossier de armazém	Secretariado	Actualizar \bar{D} se a técnica de previsão indicar um valor significativamente diferente daquele em vigor. Se \bar{D} for actualizado, recalcular PE.
	NS-3	Desvio-padrão do consumo (c_p)	24,62 metros por mês	Raiz quadrada do valor de MSE obtido na aplicação da técnica de previsão.	Mensal	Dep. Técnico	Dossier de armazém	Secretariado	Actualizar c_p se raiz quadrada do MSE, obtido em resultado da aplicação de técnicas de previsão, for significativamente diferente daquele em vigor. Se actualizado, recalcular Q_s e PE.
	NS-3	Prazo médio de entrega (\bar{L})	1 dia	Média simples dos tempos de fornecimento cumpridos nos últimos 6 meses. Novo cálculo de \bar{L} só ocorre se o tempo médio de fornecimento mudar de forma significativa.	Semestral	Dep. Técnico	Dossier de armazém	Secretariado	Se \bar{L} for actualizado, recalcular Q_s e PE.

Pós-projecto

Seis meses após o encerramento do projecto, considerado um período de tempo suficiente para compilar um conjunto representativo de dados, estimaram-se os reais níveis de desempenho relativos ao processo de gestão de stocks, tendo estes sido comparados com os valores previstos na fase de Control e com os níveis de baseline estimados na fase de Measure (quadros XIV.20 e XIV.21).

Quadro XIV.20 – Níveis de desempenho estimados seis meses após o encerramento do projecto Seis Sigma, e sua comparação com os determinados na fase de Measure e previstos na fase de Improve.

Indicador	Desempenho	Tubo cobre 12mm	Tubo cobre 15mm	Tubo cobre 18mm	Tubo cobre 22mm	Tubo cobre 28mm
Nível de Stock	Inicial (baseline)	69,5 metros	106,0 metros	66,6 metros	149,3 metros	52,8 metros
	Previsto	62,0 metros	70,5 metros	54,5 metros	82,5 metros	33,0 metros
	Após o projecto	66,4 metros	68,1 metros	51,9 metros	82,4 metros	31,7 metros
Taxa de Rotação do Stock	Inicial (baseline)	4,46	4,34	4,81	5,26	3,22
	Previsto	4,45	5,79	5,06	8,29	5,45
	Após o projecto	2,98	3,42	3,25	4,47	3,98
Nível de Serviço	Inicial (baseline)	100,00%	100,00%	96,67%	95,12%	95,00%
	Previsto	99,9968%	99,9968%	99,9968%	99,9968%	99,9968%
	Após o projecto	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%
Custos Totais do Stock	Inicial (baseline)	127,65 €	217,51 €	190,69 €	330,92 €	197,93 €
	Previsto	111,59 €	144,75 €	134,61 €	245,83 €	136,69 €
	Após o projecto	144,83 €	155,69 €	150,79 €	259,29 €	151,08 €

Quadro XIV.21 – Níveis globais de desempenho estimados seis meses após o encerramento do projecto Seis Sigma, e sua comparação com aqueles que foram determinados na fase de *Measure* e previstos na fase de *Improve*.

Desempenho	Nível de Serviço global (NS_{Global})	Nível Sigma global longo prazo ($Z_{Global-LP}$)	Nível Sigma global curto prazo ($Z_{Global-CP}$)
Inicial (<i>baseline</i>)	87,3549%	1,14	2,64
Previsto	99,9840%	3,60	5,10
Após o projecto	100,0000%	> 4,50	> 6,00

Em geral, constata-se que as acções de melhoria implementadas no decorrer do projecto Seis Sigma resultaram numa melhoria dos valores dos KPIs, excepcionando os da Taxa de Rotação de *Stock*, e dos custos totais dos *stocks*, relativamente àqueles que foram determinados inicialmente. Conclui-se também que, à excepção do Nível de Serviço, a melhoria ficou um pouco aquém daquela que havia sido prevista. Os resultados menos conseguidos no que respeita à Taxa de Rotação, ficou a dever-se a um abaixamento do consumo mensal dos artigos de classe A, devido a uma tendência de quebra da procura pelos serviços prestados pela empresa, inerentes à conjuntura económica.

A fase de pós-projecto envolveu a realização de uma auditoria interna de conformidade ao projecto Seis Sigma. Os principais objectivos desta auditoria foram os de avaliar se:

- Os objectivos estabelecidos para o projecto Seis Sigma foram alcançados.
- O projecto Seis Sigma foi correctamente planeado e realizado.
- As acções de melhoria e os novos procedimentos daí decorrentes estavam a ser correcta e sistematicamente cumpridos.
- Os níveis de desempenho após o projecto ter sido encerrado estavam em linha com os níveis de desempenho previstos.
- O projecto Seis Sigma contribuiu efectivamente para a melhoria do SGQ da empresa.

As conclusões da auditoria foram as seguintes:

- Os objectivos, que estiveram na base da selecção deste projecto Seis Sigma, foram atingidos.
- Em geral, o planeamento e programação do projecto foram cumpridos.
- Todas as reuniões formais intermédias do projecto foram realizadas, havendo registos das mesmas.
- Em geral, os objectivos do projecto que constam da Declaração de Projecto foram concretizados com êxito.
- As disposições previstas no procedimentos “projectos de melhoria contínua”, com a referência PS-08-04, foram cumpridas ao longo do planeamento, realização e encerramento do projecto Seis Sigma.
- A utilização das técnicas e ferramentas ocorreu de forma estruturada e numa sequência lógica.
- Em geral, as acções de melhoria definidas no projecto Seis Sigma demonstram ser eficazes, no sentido de que melhoraram os níveis de desempenho inicialmente determinados.
- O projecto Seis Sigma trouxe ganhos de eficiência, a nível de uma maior racionalização do armazém e uma redução de custos associados à gestão de *stocks*.
- Alguns dos novos procedimentos adoptados tiveram um impacto positivo no planeamento da realização dos serviços prestados pela unidade de negócios de gás, uma vez que implicaram

a sistematização do levantamento de necessidades de materiais, acessórios e equipamentos a utilizar nos trabalhos adjudicados.

- A redução de custos conseguida foi importante, mas foi pouco expressiva; os próximos projectos Seis Sigma deverão focar em áreas de maior potencial retorno financeiro directo.
- Existem evidências, nomeadamente a partir da segunda metade de 2010, de uma tendência de decréscimo do consumo mensal dos artigos em análise; apesar deste facto, o plano de controlo elaborado não foi cumprido, dado que as previsões do consumo não foram revistas, de modo a recalcular as quantidades óptimas de encomenda, *stocks* de segurança e pontos de encomenda.
- O incumprimento parcial do plano de controlo impediu que as melhorias registadas, a nível dos KPIs e dos custos, fossem mais expressivas do que as constatadas.

Apêndice XV

Anexos referentes ao caso de aplicação no ISQ

Apêndice XV. Anexos referentes ao caso de aplicação no ISQ

XV.1. Historial do ISQ

O ISQ foi fundado em 1965, sob a designação de Instituto de Soldadura, por um conjunto de entidades individuais e colectivas interessadas na garantia da qualidade da construção metálica soldada, o Instituto de Soldadura e Qualidade. Os anos 70, que foram de ouro para a metalomecânica portuguesa, marcaram um grande crescimento do Instituto devido à assistência técnica e inspecção da qualidade dada na construção naval e edificação de grandes unidades. Na década seguinte, o sector metalomecânico entrou em crise obrigando a organização a alargar as suas actividades de controlo de qualidade e assessoria técnica a outras áreas como a electricidade, a mecânica e o ambiente.

A internacionalização do ISQ começou em Angola, em 1981, com uma intervenção em duas esferas de GPL na Refinaria de Luanda. Foi no ano seguinte que o Instituto de Soldadura acrescentou a palavra “Qualidade” à sua denominação, passando então a designar-se, tal como actualmente, por Instituto de Soldadura e Qualidade. Outro dos marcos importantes na década de 80 foi a realização, em 1984, em parceria com a Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, da primeira edição da pós-graduação em Engenharia da Qualidade, que constituiu um dos mais importantes marcos para a difusão das melhores práticas da Gestão pela Qualidade Total (TQM) em Portugal.

A partir de 1993, com a inauguração da sede no Taguspark, verificou-se um acentuado crescimento do ISQ devido à forte aposta em áreas como as das inspecções técnicas, metrologia, formação profissional, investigação e desenvolvimento, laboratórios e consultoria em qualidade. Alguns dos trabalhos mais emblemáticos realizados em Portugal, na década de 90, incluem as inspecções, assistência técnica e controlo de qualidade realizados na construção de: ponte Vasco da Gama, infraestruturas de gás natural, travessia ferroviária na ponte 25 de Abril. A nível externo, destacam-se, entre outros, os trabalhos de inspecção técnica e controlo de qualidade realizados na construção da ponte *Storebaelt Esat Bridge*, na Dinamarca. A nível de representações internacionais permanentes, e após a experiência bem sucedida em Angola, a aposta na internacionalização do ISQ prosseguiu com a fundação do ISQ Brasil, em 1999.

Esta última década fica marcada, sobretudo, pela confirmação do ISQ enquanto grupo de dimensão internacional, através da presença permanente em múltiplos países, com delegações e escritórios. Para esta expansão internacional e para a consolidação da sua posição competitiva no mercado nacional, em áreas de actividade cada vez mais diversificadas, mas complementares, muito contribuiu a reorganização da estrutura operacional em torno de unidades de negócio e centros de competência, ocorrida em 2005. Em 2010, o ISQ atingiu a notável marca das 100.000 pessoas formadas, desde a criação da sua direcção de formação (1994). Finalmente, já em 2011, destaque para a certificação, pela APCER, dos seus sistemas de ambiente (ISO 14001) e de segurança e saúde no trabalho (OHSAS 18001), juntando-se às certificações na área da qualidade de muitas das suas unidades de negócio e às várias acreditações, notificações e reconhecimentos que possui.

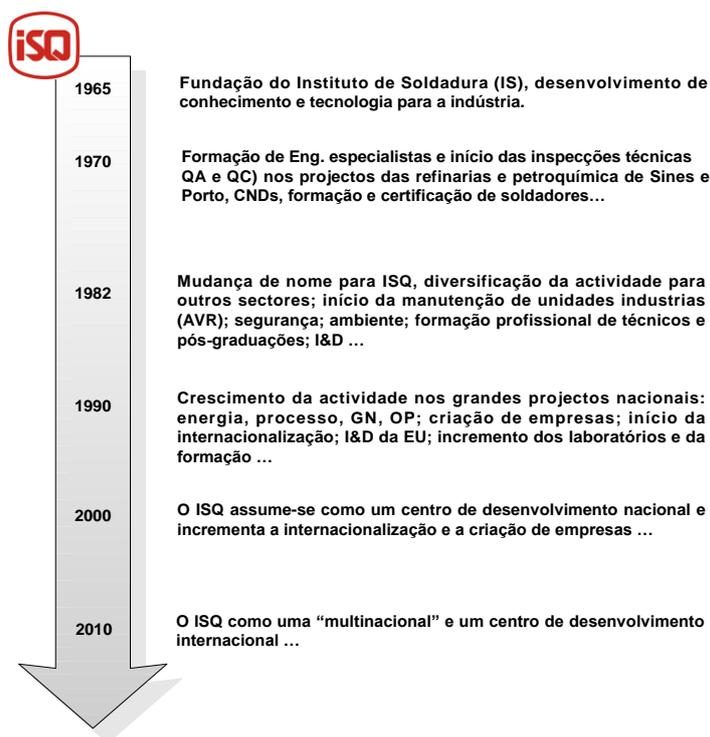


Figura XV.1 – Evolução do ISQ (adaptado de: Cruz, 2010).

XV.2. Unidades de Negócio do ISQ

As principais áreas de actividade de cada uma das unidades de negócio são as seguintes:

- **Edificações** – Inspeção de redes de gás e de águas; inspeção a elevadores, instalações eléctricas de 5.^a categoria e a infraestruturas de telecomunicações; certificação energética de edifícios e medição da qualidade de ar interior; certificação ITED.
- **Indústria** – Inspeção a equipamentos sob pressão; inspeção a instalações eléctricas; inspeção a postos de combustíveis e postos de garrafas; inspeção, estudos, peritagens, ensaios e assessoria em segurança e higiene industrial; metrologia legal de tanques.
- **Desenvolvimento Sustentável** – Inspeção, estudos, peritagens, ensaios e assessoria a nível ambiental; estudos de ruído e vibrações; inspeção a equipamentos desportivos; auditorias e estudos técnicos na área da energia.
- **Manutenção e Integridade Estrutural** – Estudos de fiabilidade; avaliações de condição de vida restante; supervisão de reparações; assessoria em organização e gestão da manutenção; inspeção mecânica; estudos de corrosão; análise de falhas; inspeção baseada no risco.
- **Construção Civil** – Controlo de qualidade e gestão de obras; inspeção de pontes, estradas e de outras infraestruturas; assessoria em protecção anti-corrosiva; estudos de geologia e de fundações; análise a obras de arte.
- **Construção Mecânica** – Inspeção a construção soldada, incluindo equipamentos industriais; qualificações em soldadura (soldadores, procedimentos e materiais de adição); inspeção, estudos, peritagens, ensaios e assessoria em segurança em estaleiros.

- *Controlo Não Destrutivo* – Ensaios de CND tradicionais (radiografia, líquidos penetrantes, magnetoscopia, ultra-sons); ensaios de CND avançados (endoscopia; ultra-sons avançados, correntes induzidas, vácuo; *floor scan*).
- *Laboratórios* – Metrologia (LABMETRO); análises químicas (LABQUI), ensaios de equipamentos eléctricos (LABEL, LABCABO e LABCEM); ensaios betão; ensaios mecânicos (LABMEC); análises de controlo da qualidade alimentar (LABIAGRO).
- *Formação* – Cursos de formação presencial por catálogo; cursos de formação à medida; cursos de formação por *e-learning*; pós-graduações; certificação de pessoas (aptidão pedagógica e licenças profissionais).

XV.3. Principais clientes e trabalhos realizados

Da carteira de clientes do ISQ fazem parte as maiores e prestigiadas empresas privadas e públicas com actividade em Portugal. Com a crescente internacionalização do ISQ, o leque de clientes internacionais é também cada vez mais amplo. O quadro seguinte fornece alguns exemplos.

Quadro XV.1 – Exemplos de alguns dos principais clientes do ISQ.

Clientes em território nacional	Clientes em trabalhos ou projectos internacionais
Galp Energia, EDP, REN, PT Comunicações, Portucel, Adubos de Portugal, Refer, Secil, Autoeuropa, Siemens, Efacec, Refer, Brisa, Grupo Sonae, Grupo Carrefour, Caixa Geral de Depósitos, Banco espírito Santo, CTT – Correios de Portugal, OGMA, Ar Líquido, CPPE de Sines, Ensulmeci, Vodafone Portugal, Somague, Mota Engil, Central de Cervejas, Valorsul.	Sonangol Distribuidora, TOTAL E&P Angola, FMC Technologies, Petrobras, Grupo Orsa, Samarco Mineração, Transpetro, Statoil, Norsk Hydro, Det Norske Veritas, Smedvig, Kværner Oil & Gas, Bluewater Energy Services, DNV, CERN, ESA, Thales-Alenia Space, Astrium-Eads, Safran, Iberdrola, Indesa, Naturgas, Tecnatom, Saudi Aramco, Qatar Petroleum, Gasco, Tekreer, Sonatrach.

O ISQ tem participado em vários dos maiores empreendimentos realizados em Portugal, estando igualmente envolvido, e cada vez mais, em projectos internacionais de grande relevância. A nível nacional destacam-se os seguintes trabalhos:

- Serviços de inspecção técnica e de controlo de qualidade relativos à construção da central termoeléctrica de Sines (entre 1982 e 1985).
- Serviços de inspecção e ensaios realizados à estrutura em betão do Viaduto Duarte Pacheco (entre 1993 e 1994).
- Serviços de inspecção, assistência técnica, controlo de qualidade e de coordenação de segurança em obra, durante toda a construção da rede principal do gasoduto nacional, entre Setúbal e Braga (entre 1994 e 1997).
- Serviços de inspecção, assistência técnica e controlo da qualidade nos trabalhos de alargamento do tabuleiro rodoviário e de instalação do caminho de ferro na Ponte 25 de Abril (entre 1995 e 1999).
- Serviços de inspecção e de análise de projectos de gás, relativos aos trabalhos de conversão para gás natural (entre 1997 e 2003).

- Serviços de inspecção técnica às estruturas metálicas usadas nos estádios do Euro 2004 (entre 2002 e 2004).
- Monitorização da qualidade do ar na e em redor da Ponte Vasco da Gama (desde 1998).
- Serviços de inspecção, assistência técnica e avaliação de impactos ambientais em vários parques eólicos do país (desde 2007).

A nível internacional, realça-se a participação nos seguintes trabalhos e/ou projectos:

- Serviços de inspecção, ensaios e controlo de qualidade em duas esferas de GPL na Refinaria de Luanda, em Angola (em 1981).
- Serviços de inspecção, ensaios e controlo de qualidade aos módulos da Ponte Storebaelt, sobre o mar báltico, na Dinamarca (entre 1995 e 1998).
- Serviços de inspecção e qualificação em torno da operação dos lançadores Ariane 5, Soyuz e Vega, na ESA – Centro Espacial Europeu (desde 2003).
- Serviços de ensaios não destrutivos às soldaduras das coberturas dos estádios de Benguela, Luanda, Cabinda e Lubango, em Angola, no âmbito da realização da taça das confederações africanas, CAN 2010 (em 2009).
- Serviços de inspecção, assistência técnica e controlo de qualidade na construção do estádio Fonte Nova em Salvador da Baía, Brasil, para o mundial de futebol de 2014 (desde 2010).
- Realização de testes ao revestimento térmico do primeiro vaivém espacial da ESA – Centro Espacial Europeu (em 2011).
- Líder do consórcio para a prestação de serviços de inspecção e garantia da qualidade do novo arco de contenção (sarcófago) que será construído sobre o reactor número quatro de Chernobyl, que explodiu em Abril de 1986. (a partir de 2011).

XV.4. Reconhecimentos ISQ

O ISQ possui reconhecimentos em vários domínios. À data da realização desta tese, o ISQ detinha as seguintes certificações:

- Certificação ISO 9001 do sistema de gestão da qualidade, implementado em:
 - Actividades de formação – Direcção de Formação.
 - Actividades de ensaios não destrutivos (exame visual, radiografia industrial, ultrasons, líquidos penetrantes, magnetoscopia, correntes induzidas) – Direcção de Controlo Não Destrutivo.
 - Consultoria e inspecção de protecções anticorrosivas, serviço de inspecção de pontes, serviço de inspecção para reabilitação de estruturas, controlo integrado da qualidade em obras, gestão de projectos e obras – Direcção de Construção Civil.
 - Segurança e Higiene do Trabalho, Segurança Industrial, Segurança Contra Incêndio, Higiene Industrial, ATEX e Licenciamento Industrial – Direcção de Indústria.
 - Prestação de serviços das áreas técnicas que integram os departamentos da Direcção de Laboratórios: LABQUI; LABRV; LABMETRO e LEEQUE.

- Certificação OHSAS 18001 do sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho, implementado em actividades desenvolvidas por todas as unidades de negócio e por todos os núcleos autónomos do ISQ.
- Certificação ISO 14001 do sistema de gestão ambiental, implementado em actividades desenvolvidas pela Direcção de Formação.

O ISQ conta também com cinco organismos de inspecção sectorial acreditados, de acordo com o referencial ISO/IEC 17020, pelo Instituto Português de Acreditação (IPAC). Essas acreditações abrangem os seguintes domínios de inspecção: equipamentos sob pressão; recipientes sob pressão simples; equipamentos sob pressão transportáveis; equipamentos para transporte de mercadorias perigosas; instalações de abastecimento e de armazenagem de combustíveis; gasodutos; redes, ramais e instalações de gás; instalações eléctricas; instalações de telecomunicações; elevadores, monta-cargas, escadas mecânicas e tapetes rolantes; equipamentos desportivos; máquinas; recintos de espectáculos; equipamentos de diversão; equipamentos especializados para o transporte de produtos alimentares perecíveis. Possui também um total de 16 laboratórios acreditados pelo IPAC, segundo a norma ISO/IEC 17025, para a realização de ensaios (LABEND, LABEECH, LABRV, LABVALV, LABCAB; LABCEM; LABEL; LABET; LABMAT; LABQUI) e de calibrações (laboratórios inseridos no LABMETRO: Eléctrico e de Rádiofrequência; Dimensional; Ensaio Físicos; Massa e Força; Volume; Ensaio de Controlo Dimensional). Ainda a nível de acreditação pelo IPAC, o ISQ está acreditado, pela ISO/IEC 17024, para a certificação de soldadores e operadores de soldadura; brazadores e operadores de soldadura de brazagem.

O ISQ é um Organismo Notificado (NB n.º 0028) para as Directivas Europeias de: Máquinas, Elevadores, Equipamentos sob Pressão, Equipamentos para Transporte de Mercadorias Perigosas, Instalações de Transporte de Pessoas por Cabo, Compatibilidade Electromagnética, Instrumentos de Medição e Instrumentos de Pesagem de funcionamento não automático.

Para além das várias certificações, acreditações e notificações, o ISQ possui reconhecimentos em diferentes domínios e actividades, destacando-se aqueles concedidos pelas seguintes entidades, nacionais e internacionais: Direcção Geral de Energia e Geologia, Secretaria Regional da Economia, Instituto Português da Qualidade (IPQ), *European Welding Federation* (EWF), *International Institute of Welding* (IWF), Direcção Geral de Saúde, Direcção Geral do Emprego e das Relações de Trabalho, Comissão Europeia, Confederação Europeia dos Organismos de Controlo, *Worldwide System for Conformity Testing and Certification of Electrotechnical Equipment and Components* (IECEE).

XV.5. Direcção de Estratégia e Projectos Especiais

Em 2004 foi criada a Direcção de Estratégia e Projectos Especiais (DEPE). Resultante da anteriormente denominada Direcção de Garantia da Qualidade e Projectos Especiais (DGQPE), a DEPE é responsável, entre outras, pela concretização das seguintes actividades:

- Gestão de planos de acção para a melhoria interna e do realinhamento das áreas de negócio.
- Promoção e desenvolvimento iniciais de novos produtos.

- Gestão de sistemas integrados, ambiente, qualidade, segurança e responsabilidade social.
- Gestão de projectos ao nível das infraestruturas tecnológicas e da qualidade.

O papel da DEPE tem sido crucial no apoio à implementação, bem sucedida, de sistemas de gestão nas demais unidades de negócio e núcleos autónomos do ISQ, sendo de destacar, entre muitos outros exemplos, a recente certificação do sistema de gestão da segurança e saúde no trabalho da organização, ou ainda a integração dos diferentes subsistemas de gestão existentes nas unidades de negócio do ISQ. Em 2010, foi ministrada formação em Seis Sigma, ao nível de *Green Belt*, a todos os representantes da gestão para a qualidade, ambiente e segurança, tendo em vista o desenvolvimento de projectos Seis Sigma nas respectivas direcções ou departamentos.

Da DEPE faz parte um dos núcleos autónomos do ISQ, o departamento de sistemas de gestão. Este núcleo presta serviços de consultoria (implementação, acompanhamento e/ou melhoria) auditorias e realização de estudos (levantamentos, diagnósticos, pareceres) à medida das necessidades dos clientes e das particularidades das suas áreas de actividade. A figura XV.2 resume os serviços prestados pelo núcleo de sistemas de gestão.

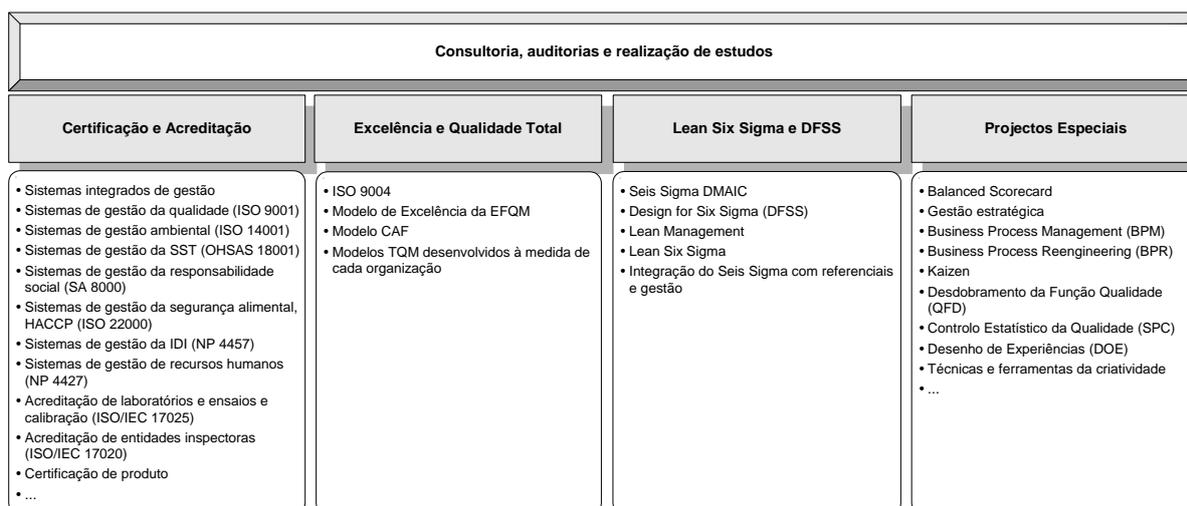


Figura XV.2 – Serviços prestados pelo núcleo de sistemas de gestão da DEPE.

XV.6. Lista dos documentos internos do sistema de qualidade da Unidade de Negócios GÁS

- Nível I:
 - Manual da qualidade.
- Nível II – Procedimentos funcionais:
 - PF.I-GÁS-05/01 – Confidencialidade, imparcialidade e independência.
 - PF.I-GÁS-07/01 – Revisão do sistema da qualidade.
 - PF.I-GÁS-07/02 – Não conformidades, acções correctivas e preventivas.
 - PF.I-GÁS-07/03 – Preparação, alteração e distribuição da documentação.
 - PF.I-GÁS-07/04 – Auditorias internas da qualidade.
 - PF.I-GÁS-07/05 – Documentação distribuída a colaboradores.

- PF.I-GÁS-07/06 – Índice de satisfação do cliente.
 - PF.I-GÁS-08/01 – Programação da formação de pessoal.
 - PF.I-GÁS-09/01 – Controlo de DMMs.
 - PF.I-GÁS-10/01 – Programação, execução e controlo de actividades.
 - PF.I-GÁS-10/02 – Análise de contrato.
 - PF.I-GÁS-11/01 – Identificação e rastreabilidade.
 - PF.I-GÁS-11/02 – Controlo da documentação fornecida pelo cliente.
 - PF.I-GÁS-12/01 – Controlo dos registos da qualidade.
 - PF.I-GÁS-12/02 – Gestão de carimbos e punções
 - PF.I-GÁS-15/01 – Reclamações e recursos.
- Nível III – Procedimentos operacionais:
 - PO.I-GÁS-09/01 – Recepção e confirmação metrológica.
 - PO.I-GÁS-09/02 – Utilização de instalações e equipamentos.
 - PO.I-GÁS-09/03 – Avaliação de fornecedores.
 - PO.I-GÁS-10/02 – Análise de projectos de instalações de gás combustível.
 - PO.I-GÁS-10/03 – Inspeção de redes e ramais de distribuição de gás.
 - PO.I-GÁS-10/04 – Inspeções de instalações de gás.
 - PO.I-GÁS-10/05 – Ensaios em redes e ramais de distribuição de gás.
 - PO.I-GÁS-10/06 – Ensaios de instalações individuais e instalações colectivas de utilização.
 - PO.I-GÁS-10/07 – Inspeção da construção de gasodutos de 1.º e 2.º escalão.
 - PO.I-GÁS-10/08 – Inspeção da instalação de estações de gás de 1.ª e 2.ª classe.
 - PO.I-GÁS-10/09 – Inspeção de ensaios hidráulicos em gasodutos de 1.º e 2.º escalão, estações de gás de 1.ª e 2.ª classe e pontos de entrega.
 - PO.I-GÁS-10/10 – Ensaios a danos causados em gasodutos de 1.º e 2.º escalão.
 - PO.I-GÁS-10/11 – Intervenção em carga em gasodutos de 1.º e 2.º escalão.
 - PO.I-GÁS-10/12 – Inspeção da construção de redes de distribuição de águas e saneamento.
 - PO.I-GÁS-10/13 – Medidas de segurança nas actividades de inspecção.
 - Nível IV – Instruções de Trabalho:
 - DocA_GÁS-002 – Tratamento da informação.
 - DocA_GÁS-004 – Critérios de aceitação metrológicos.
 - DocA_GÁS-005 – Poder de resposta às actividades.
 - DocA_GÁS-007 – Preparação de documentos administrativos.
 - DocA_GÁS-010 – Critérios de aceitação e rejeição operacionais.
 - DocA_GÁS-011 – Inspeção e ensaios de redes e ramais de distribuição de gás: relatórios.
 - DocA_GÁS-012 – Inspeção de instalações de gás: relatórios tipo.
 - Nível IV – Modelos de Impressos:
 - GÁS-001 – Compromisso deontológico.
 - GÁS-002 – Revisão do sistema da qualidade: convocatória.
 - GÁS-003 – Revisão do sistema da qualidade: acta de reunião.
 - GÁS-004 – Revisão do sistema da qualidade: lista de presenças.
 - GÁS-005 – Relatório de não conformidade e acção correctiva/preventiva.
 - GÁS-006 – Ficha individual de DMM.
 - GÁS-007 – Folha de controlo e calibração de DMMs.
 - GÁS-008 – Certificado de conformidade.
 - GÁS-009 – Relatório de inspeção de redes de distribuição de gás: folha de rosto.
 - GÁS-010 – Certificado de inspeção: redes e ramais.
 - GÁS-010a – Relatório de inspeção: redes e ramais.
 - GÁS-010b – Relatório de inspeção periódica: redes e ramais.

- GÁS-011 – Certificado de inspecção: instalações de gás.
- GÁS-012 – Inquérito à satisfação do cliente.
- GÁS-012a – Inquérito à satisfação dos projectistas.
- GÁS-013 – Registo de relatórios de não conformidades e de reclamações e recursos.
- GÁS-014 – Comprovativo de entrega ou devolução de projectos de instalações de gás.
- GÁS-016 – Análise de projectos de instalações de gás.
- GÁS-019 – Relatório de inspecção de instalações de gás.
- GÁS-020 – Protocolo de distribuição de documentos.
- GÁS-020a – Lista de distribuição de documentos.
- GÁS-021 – Ensaio de resistência mecânica.
- GÁS-022 – Ensaio de redes de gás.
- GÁS-023 – Lista de distribuição de carimbos e assinaturas autorizadas.
- GÁS-024 – Declaração de posse de equipamento.
- GÁS-025 – Análise de projectos de instalações de gás: ficha de verificação.
- GÁS-026 – Proposta de alteração ao sistema da qualidade.
- GÁS-027 – Planeamento de auditoria interna.
- GÁS-029 – Registo de participação em auditoria.
- GÁS-030 – Relatório de auditoria interna.
- GÁS-031 – Relatório de acompanhamento de pessoal.
- GÁS-034 – Formação interna: lista de presenças.
- GÁS-035 – Ficha de dados individuais de formação.
- GÁS-036 – Modelo de carta.
- GÁS-037 – Modelo de fax.
- GÁS-038 – Comunicação interna.
- GÁS-040 – Nota interna.
- GÁS-041 – Programa resumido de formação interna.
- GÁS-042 – Cinta para projectos de instalações de gás.
- GÁS-044 – Lista de certificados de instalações de gás.
- GÁS-045 – Lista de certificados de redes e ramais.
- GÁS-046 – Relatório de inspecção catódica.

XV.7. Avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma – Unidade de Negócios GÁS

Os resultados da avaliação feita aos potenciais projectos Seis Sigma, identificados no seio da Unidade de Negócios GÁS do ISQ, encontram-se indicados na matriz de prioridades da figura XV.3.

Projecto	Importância para o Cliente <i>Pontuação: 1 a 5 Alta = 5 Baixa = 1</i>	Importância para o serviço prestado pelo ISQ-GÁS <i>Pontuação: 1 a 5 Alta = 5 Baixa = 1</i>	Exequibilidade (Probabilidade de êxito) <i>Pontuação: 1 a 5 Alta = 5 Baixa = 1</i>	Melhoria para o sistema de qualidade <i>Pontuação: 1 a 5 Alta = 5 Baixa = 1</i>	Alinhamento com estratégia do ISQ <i>Pontuação: 1 a 5 Alto = 5 Baixo = 1</i>	Total
Certificado Sigma	5	x 4	x 4	x 4	x 4	= 1280
Relatório Sigma	5	x 5	x 4	x 5	x 4	= 2000
Ensaio Sigma	5	x 5	x 3	x 5	x 4	= 1500
Inspecção Sigma	3	x 3	x 4	x 4	x 3	= 432
		x	x	x	x	=
		x	x	x	x	=
		x	x	x	x	=
		x	x	x	x	=
		x	x	x	x	=
		x	x	x	x	=
		x	x	x	x	=
		x	x	x	x	=

Figura XV.3 – Resultados da avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma identificados pela Unidade de Negócios GÁS do ISQ.

Face aos resultados da avaliação, o projecto Seis Sigma seleccionado com aquele intitulado “Relatório Sigma”.

XV.8. Planeamento e realização do projecto Seis Sigma seleccionado, intitulado “Relatório Sigma”

Planeamento do projecto

O planeamento deste projecto Seis Sigma envolveu a elaboração dos seguintes documentos:

- Declaração de Projecto (figura XV.4).
- Matriz de responsabilidades RACI e cronograma (figura XV.5).

DECLARAÇÃO DE PROJECTO				
Título do Projecto	Relatório Sigma		Número do Projecto	GÁS/6S-01
Sponsor do Projecto	Nome	Divisão/Departamento		Contacto
	Responsável Técnico (RT)	Redes de utilização de gás		
Black Belt do Projecto	Nome	Divisão/Departamento		Contacto
	Pedro Marques	Qualidade GÁS		
Green Belt(s) do Projecto	Nome	Divisão/Departamento		Contacto
Membros da Equipa	Nome	Divisão/Departamento	Título/Função	Contacto
	Maria Alice	Redes utilização gás	director coordenador	
	Alexandre Nunes	Redes utilização gás	Inspector	
	Mónica Ferreira	Redes utilização gás	Técnico administrativo	
Clientes e Partes Interessadas relevantes	Identificação	Principais expectativas/necessidades		Contacto
	Consumidores de gás	Garantia da conformidade da instalação.		
	Concessionária de gás	Assegurar a conformidade legislativa e regulamentar de todas as instalações de gás.		
	Inspectores	Conhecimento dos critérios e inspecção, realização de ensaios, recolha e registo de dados.		
	Unidade de Negócios GÁS	Uniformidade de critérios de inspecção entre os inspectores, qualidade do serviço prestado.		
	Sociedade	Segurança e qualidade das instalações de gás.		
Entidade reguladora (DGGE)	Cumprimento legislativo e regulamentar das instalações de gás e dos critérios de inspecção.			
Missão do Projecto	Assegurar o correcto preenchimento do “Relatório de Inspeção e Ensaio” das instalações de gás, assim como a uniformidade do seu preenchimento.			
Descrição do Problema	A auditoria externa detectou uma não conformidade relativa à não uniformidade de critérios no preenchimento do relatório de inspecção. Esta situação tem também sido constatada internamente com alguma frequência. Existe ainda um histórico de reclamações por parte dos instaladores e/ou consumidores em relação às conclusões de algumas inspecções, em particular ao conteúdo dos relatórios de inspecção.			
Âmbito do Projecto	Critérios de preenchimento dos “Relatórios de Inspeção e Ensaio” de instalações de gás.			
Importância do Projecto	A importância deste projecto é justificada, não apenas pelo facto de ser necessário apurar as causas da não conformidade detectada em auditoria externa e de desencadear acções correctivas com vista à sua resolução, mas também por se estimar que esta situação contribui bastante para o “Índice de Satisfação do Cliente” ser abaixo ao objectivo estabelecido. Além disso, várias reclamações recebidas estão directamente relacionadas com esta situação.			
Principais Objectivos do Projecto	Uniformização dos critérios de inspecção entre os inspectores. Uniformização do correcto preenchimento dos “Relatórios de Inspeção e Ensaio”. Taxa de relatórios correctamente preenchidos superior a 95%. Taxa de uniformidade de critérios superior a 95%. Objectivos devem ser atingidos até 3 meses após o final do projecto.			
Principais Recursos necessários ao Projecto	Orçamento: 10.000 Euros. Afectação de tempo aos membros da Equipa de Trabalho: cerca de 25% por semana. Black Belt a 100% por semana. Green Belt a 50% por semana.			
Data Prevista para o início do Projecto		Data Prevista para a conclusão do Projecto		
Data de Elaboração	Revisão Nº	Assinatura do Sponsor do projecto		
		João Carlos		
Aprovação do Champion	Eduardo Ferreira	Data		

Figura XV.4 – Declaração do projecto Seis Sigma designado de “Relatório Sigma”.

Projecto Seis Sigma - "Relatório Sigma"

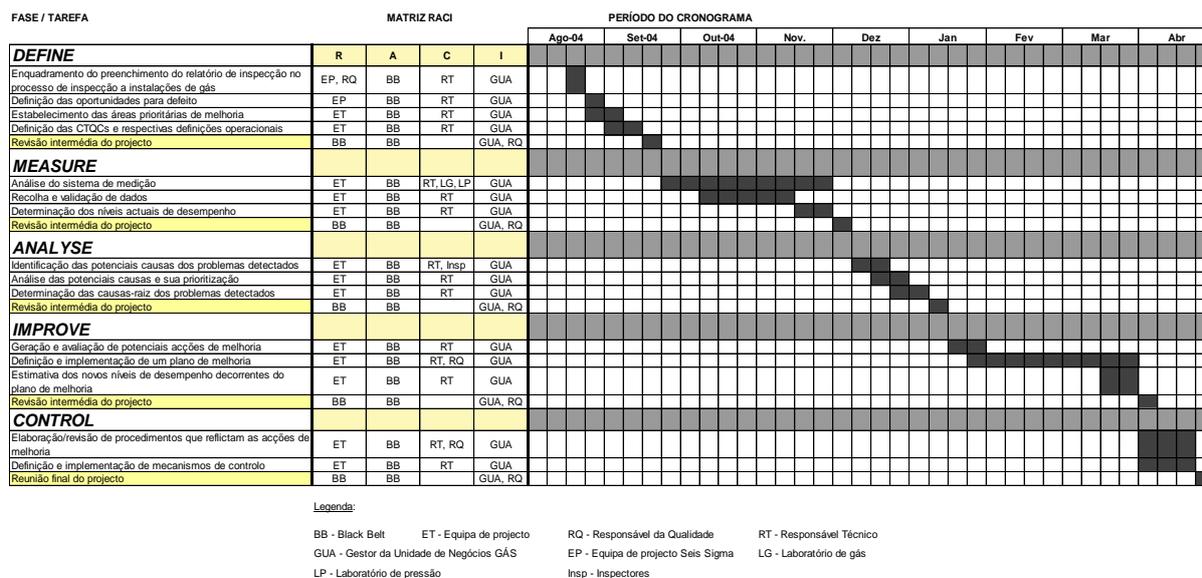


Figura XV.5 – Cronograma e matriz RACI do projecto Seis Sigma “Relatório Sigma”.

Fase de **Define**

Começou-se por efectuar o mapeamento do processo de inspecção de instalações de gás de baixa pressão (também conhecidas por redes de utilização de gás), utilizando-se para o efeito um diagrama SIPOC (figura XV.6). Tal permitiu comunicar visualmente o funcionamento do processo, tornando-o compreensível e consensual entre todos os elementos da equipa.

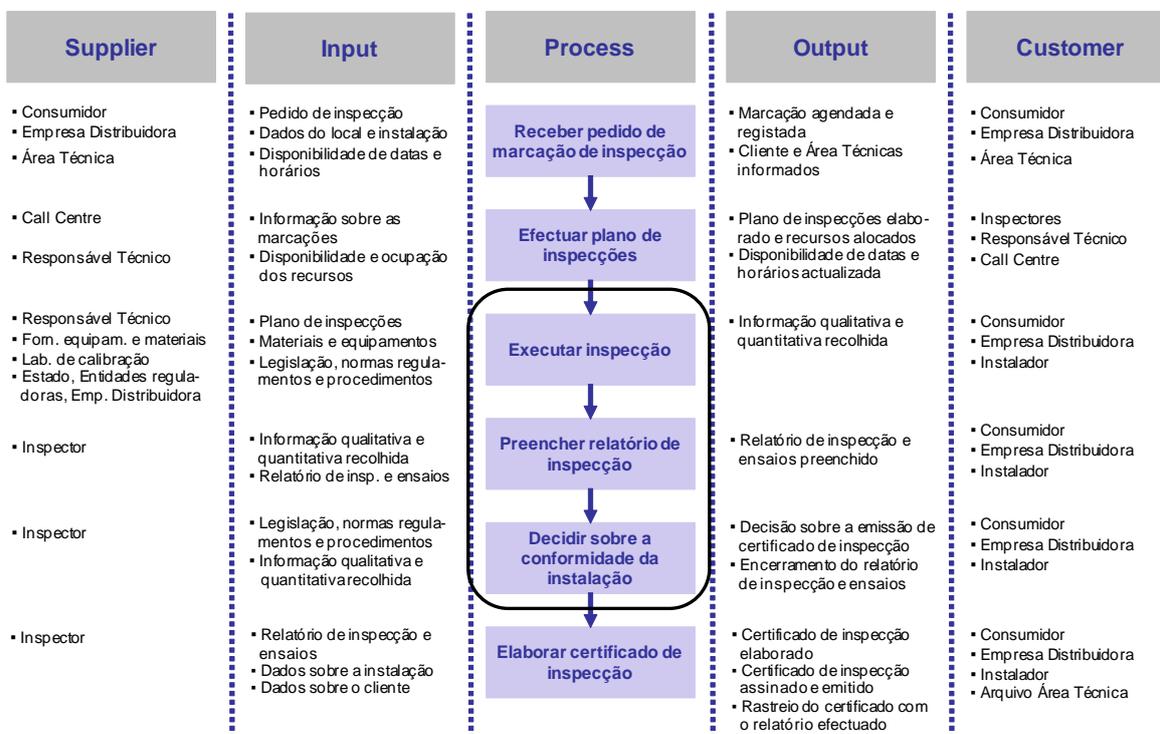


Figura XV.6 – SIPOC do processo de inspecção de instalações de de gás, com a delimitação das actividades do processo de maior interesse para o âmbito do projecto Seis Sigma.

Dado o âmbito do projecto, delimitou-se as actividades do processo relacionadas com a elaboração do relatório de inspecção. Este relatório de inspecção era, na altura em que o projecto Seis Sigma foi realizado, um documento em folha triplicada, contendo uma série de campos de registo e de requisitos a verificar. No final de uma inspecção, e após ter sido preenchido na totalidade, cada exemplar do triplicado do relatório, era entregue às seguintes entidades: consumidor (o original), a concessionária de gás (o duplicado) e a Unidade de Negócios GÁS (o triplicado). O cerne dos problemas identificados, nomeadamente em sede de auditoria externa, residiam sobretudo em dois domínios:

- Erros de preenchimentos de relatórios de inspecção.
- Uniformidade de critérios, entre inspectores, no preenchimento do referido relatório.

A elaboração incorrecta do relatório de inspecção pode verificar-se num ou mais dos seus múltiplos campos de preenchimento. A identificação de afinidades entre esses campos do relatório, permitiu que se definissem nove grandes áreas de preenchimento, cada uma equivalendo a uma oportunidade para defeito (ver quadro XV.2).

Quadro XV.2 – Descrição das oportunidades para defeito consideradas haver em cada relatório de inspecção a instalações de gás que seja preenchido.

Oportunidades para defeito num relatório de inspecção

1. Campos de identificação do relatório (cliente, contactos, projectista, etc.).
 2. Itens correspondentes a potenciais defeitos críticos da instalação.
 3. Itens correspondentes a outros potenciais defeitos da instalação.
 4. Ensaio de estanquidade.
 5. Ensaio de monóxido de carbono (CO).
 6. Referência dos dispositivos de monitorização e medição (DMM) utilizados.
 7. Decisão sobre a emissão do certificado de inspecção.
 8. Assinaturas necessárias ao preenchimento do relatório.
 9. Punção pessoal do inspector carimbado em cima da sua assinatura.
-

Relativamente à uniformidade do preenchimento, com base na descrição da constatação da auditoria de acompanhamento mais recente, juntamente com outros dados disponíveis, foi possível distinguir duas situações susceptíveis de evidenciar um menor grau de uniformização, entre os inspectores, na elaboração dos relatórios (a segunda das situações referidas representa um maior grau de gravidade):

1. Simbologia utilizada pelos inspectores no preenchimento do relatório.
2. Igualdade de critérios dos inspectores na realização de uma mesma inspecção.

Efectuou-se nesta altura uma análise de Pareto, cujos resultados constam do diagrama da figura XV.7. Para tal, foram aleatoriamente recolhidos e posteriormente analisados 200 relatórios de inspecção, referentes aos últimos 12 meses. A análise de Pareto entrou em linha de conta com a incidência de erros verificada em cada oportunidade para defeito, a qual é obtida multiplicando os seguintes dois factores, conforme mostra o quadro XV.3:

- Índice de gravidade associado à ocorrência de um dado tipo de erro.
- Número de vezes, na referida amostra, que um tipo de erro é contabilizado.

Um preenchimento incorrecto numa das grandes áreas do relatório de inspecção corresponde à ocorrência de tipo de erro. O valor atribuído ao índice de gravidade teve por base a escala usada na Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA), que compreende valores entre 1 e 10, sendo que 10 corresponde a um tipo de erro que, a ocorrer, tem uma severidade máxima, enquanto que 1 equivale a uma gravidade mínima.

Quadro XV.3 – Incidência de cada tipo de erro, resultante do número de ocorrências verificadas na amostra de 200 relatórios de inspecção e do índice de gravidade atribuído.

Tipo de erro / oportunidade para defeito	Gravidade (1-10)		Total/Incidência [A x B]
	[A]	[B]	
Campos de identificação	6	3	18
Itens referentes a potenciais defeitos críticos	9	40	360
Itens referentes a outros potenciais defeitos	6	9	54
Ensaio de estanquidade	9	31	279
Ensaio de CO	9	8	72
Referência dos DMM	5	13	65
Decisão sobre a emissão do certificado	10	2	20
Assinaturas necessárias	7	0	0
Carimbo do inspector	8	4	32

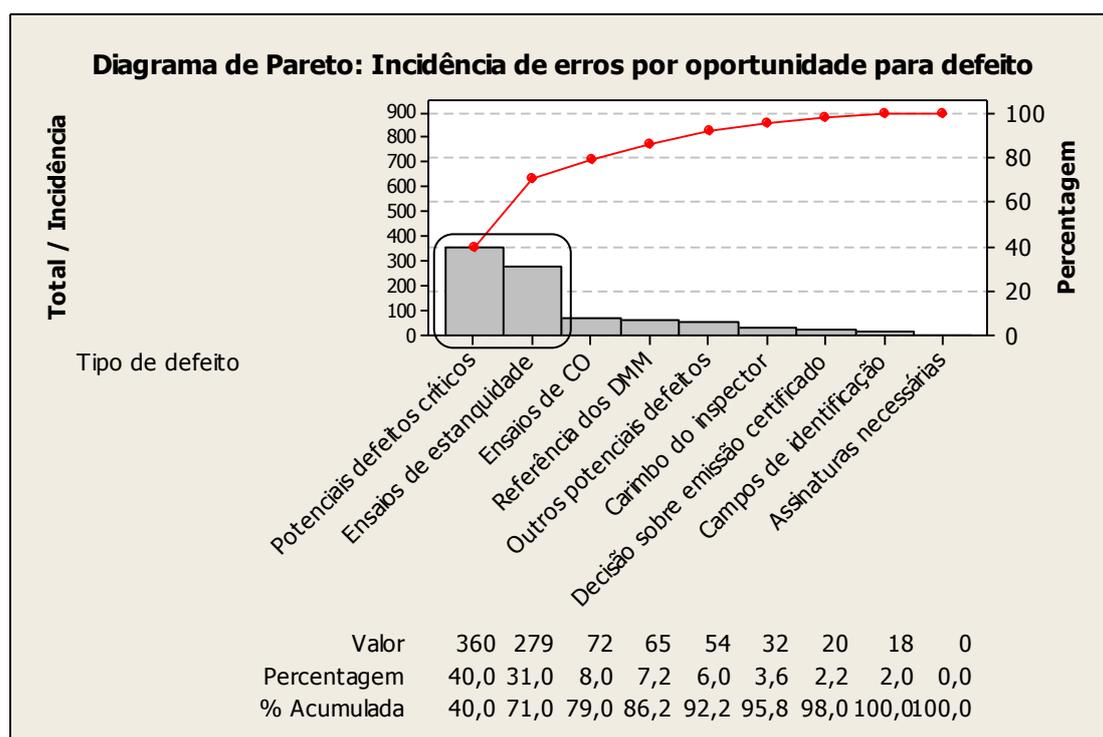


Figura XV.7 – Diagrama de Pareto relativo à incidência dos diferentes tipos de erros no preenchimento dos relatórios de inspecção a instalações de gás.

O diagrama de Pareto da figura XV.7 revelou a existência de dois tipos de erros com uma incidência muito mais expressiva do que os restantes: (1) erros de preenchimento nos campos do relatório relativos aos potenciais defeitos críticos da instalação de gás; (2) erros de elaboração nos campos afectos à área do relatório que diz respeito aos ensaios de estanquidade realizados no âmbito do serviço de inspecção.

Os potenciais defeitos críticos mencionados no relatório de inspeção foram de seguida tipificados, para, através de nova análise de Pareto, se determinar em que categoria/tipo de potenciais defeitos críticos mais vezes ocorreu o fenómeno de preenchimento errado.. Verificou-se que, das 40 ocorrências de erros no preenchimento dos campos referentes aos potenciais defeitos críticos, a esmagadora maioria delas incidia naqueles relacionados com as ligações da instalação aos aparelhos a gás, conforme demonstra o diagrama de Pareto representado na figura XV.8.

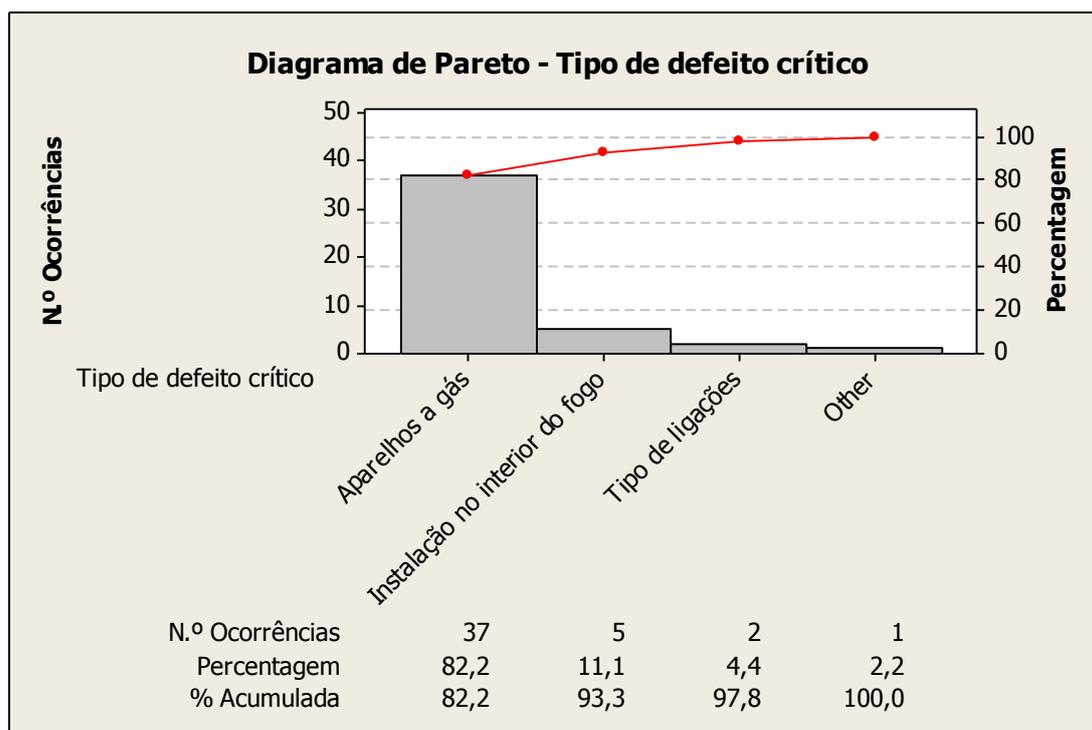


Figura XV.8 – Diagrama de Pareto relativo ao número de ocorrências de erros no preenchimento dos relatórios de inspeção para cada categoria/tipo de potenciais defeitos críticos.

Para as duas oportunidades para defeito com maior incidência, indicadas na figura XV.7, utilizaram-se tabelas de CTQCs (quadros XV.4 e XV.5) para estabelecer as características críticas para a qualidade, e respectivas definições operacionais, que permitissem traduzir as necessidades e expectativas dos clientes para uma linguagem técnica e usando critérios de aceitação/rejeição claros, não ambíguos e mensuráveis ou observáveis.

Quadro XV.4 – Tabela de CTQC referente à oportunidade para defeito “potenciais defeitos críticos”.

Voz do Cliente	Requisito do Cliente	CTQC e respectiva definição operacional
Quero que a inspeção afira correctamente se a instalação de gás é segura.	Saber se instalação de gás cumpre os requisitos críticos referidos nos regulamentos e legislação aplicáveis.	<p>CTQC: Potenciais defeitos críticos da instalação de gás.</p> <p><u>Definição operacional:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> É verificada a conformidade da instalação face a todos os requisitos críticos referidos na legislação (Portaria n.º 361/98, DL n.º 521/99 e Portaria n.º 362/2000). Para cada requisito crítico cumprido, é assinalado um “X” no quadrado “S” do “Relatório de Inspeção”, caso contrário o mesmo símbolo é assinalado no “N”. Se o requisito crítico não for aplicável, assinalar um “X” no quadrado “NA”.

Quadro XV.5 – Tabela de CTQC referente à oportunidade para defeito “ensaios de estanquidade”.

Voz do Cliente	Requisito do Cliente	CTQC e respectiva definição operacional
Não quero que haja fugas de gás.	Medir com rigor se a instalação de gás é estanque.	CTQC: Realização de ensaios de estanquidade. <u>Definição operacional:</u> <ul style="list-style-type: none"> O manómetro é colocado a 50 mbar e, se durante 10 minutos, o aparelho não registar uma perda superior a 1,0 mbar a instalação é considerada estanque.

Fase de Measure

Através dos dados recolhidos na fase anterior, estimaram-se os níveis de desempenho relativos ao procedimento de preenchimento dos relatórios de inspecção de instalações de gás. Recorrendo à expressão 2.18 da tese, foi possível estimar o número de defeitos por milhão de oportunidades:

$$DPMO = \frac{110}{200 \times 9} \times 10^6 \cong 61.111$$

Relativamente à aplicação da expressão anterior, pormenorizam-se os seguintes aspectos:

- O número total de defeitos contabilizados, igual a 110, equivale à soma do número de ocorrências indicadas do quadro XV.3.
- O número de oportunidades para defeito é igual a 9 (quadro XV.2).
- O número de unidades processadas é de 200, pois foi esse o número de relatórios de inspecção consultados.

Dada a natureza dos dados recolhidos, o valor de *DPMO* é de longo prazo. Para determinar o Nível Sigma de curto prazo, aplicou-se a equação 2.5 da tese:

$$Z_{CP} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \times \ln(61.111)} \cong 3,0$$

O correspondente valor do Nível Sigma de longo prazo, considerando um desvio até $+1,5\sigma$, é de:

$$Z_{LP} = 3,0 - 1,5 = 1,5$$

Nesta fase do mapa DMAIC efectuou-se uma análise ao sistema de medição, nomeadamente através da realização de estudos de repetibilidade e reprodutibilidade (R&R), os quais incidiram sobre:

- Avaliação da conformidade das ligações da instalação de gás aos aparelhos.
- Ensaios de estanquidade efectuados na inspecção a instalações de utilização de gás.

Estudo de R&R relativo à inspecção da ligação da instalação aos aparelhos a gás.

Sob a coordenação do responsável da área técnica das redes de utilização de gás, criaram-se 20 situações diferentes para se avaliar a conformidade da ligação de uma instalação de gás aos aparelhos de queima. Para cada uma das situações, tal como se pode ver na coluna “Referência” do quadro XV.6, o responsável técnico indicou qual o quadrado, no relatório de inspecção, que deveria ser assinalado pelos inspectores. Tal como se tem oportunidade de ver na figura XV.9, é possível assinalar-se um de três quadrados, cada uma deles significando o seguinte:

- “S” – Sim, o requisito crítico é cumprido.
- “N” – Não, o requisito crítico não é cumprido.
- “NA” – O requisito crítico sobre a ligação da instalação aos aparelhos a gás não se aplica à instalação inspeccionada.

Descrição do requisito crítico referente aos aparelhos a gás.

S	N	NA
----------	----------	-----------

Figura XV.9 – Quadrados que podem ser assinalados após se proceder à avaliação da conformidade da instalação de gás relativamente ao requisito crítico relacionado com a ligação aos aparelhos a gás.

Quatro inspectores diferentes foram chamados a avaliar, por duas vezes, cada uma das 20 situações anteriormente referidas, assinalando posteriormente a decisão tomada no relatório de inspecção (ver quadro XV.6). Estas avaliações ocorreram ao longo do tempo, de forma aleatória e em diferentes momentos, procurando-se deste modo tornar o mais fidedigno possível os resultados das avaliações efectuadas.

Quadro XV.6 – Dados recolhidos tendo em vista a realização de um estudo de R&R por atributos ao sistema de medição associado à inspecção das ligações da instalação de gás aos aparelhos.

Situação da instalação	Referência	Inspector 1		Inspector 2		Inspector 3		Inspector 4	
		Avaliação 1	Avaliação 2	Avaliação 1	Avaliação 2	Avaliação 1	Avaliação 2	Avaliação 1	Avaliação 2
1	S	S	S	S	S	S	S	S	S
2	S	S	N	S	S	S	S	N	N
3	N	N	N	N	S	S	S	N	N
4	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
5	N	N	N	S	S	N	N	N	N
6	S	S	S	S	N	S	S	S	S
7	N	N	N	S	S	S	S	N	N
8	S	S	S	N	S	S	S	S	S
9	NA	NA	NA	S	S	NA	NA	NA	NA
10	S	S	S	N	S	N	N	S	S
11	S	S	S	N	N	S	S	S	S
12	N	N	N	NA	NA	S	S	N	N
13	N	S	N	N	N	S	S	N	N
14	S	S	S	S	S	S	S	S	S
15	NA	NA	NA	N	N	NA	NA	NA	NA
16	N	N	S	N	N	N	N	S	S
17	S	S	S	S	S	S	S	S	S
18	S	S	S	N	N	N	N	S	N
19	S	S	S	N	N	S	S	S	S
20	N	N	N	S	N	N	N	N	N

Com base nos dados recolhidos, que se encontram compilados no quadro XV.6, efectuou-se um estudo de R&R por atributos. Os resultados obtidos estão sumarizados nas figuras XV.10 e XV.11.

Within Appraiser				
Appraiser	Number of parts inspected	Number of agreements	Percent agreements	Confidence Interval for Percent agreements
Inspector 1	20	17	85,00%	(62,11% 96,79%)
Inspector 2	20	15	75,00%	(50,90% 91,34%)
Inspector 3	20	20	100,00%	(86,09% 100,00%)
Inspector 4	20	19	95,00%	(75,13% 99,87%)
Between Appraisers				
All	20	4	20,00%	(5,73% 43,66%)

C.I. Limits	Appraisers			
	Inspector	Inspector	Inspector	Inspector
Upper limit	96,79%	91,34%	100,00%	99,87%
Lower limit	62,11%	50,90%	86,09%	75,13%
Estimate	85,00%	75,00%	100,00%	95,00%

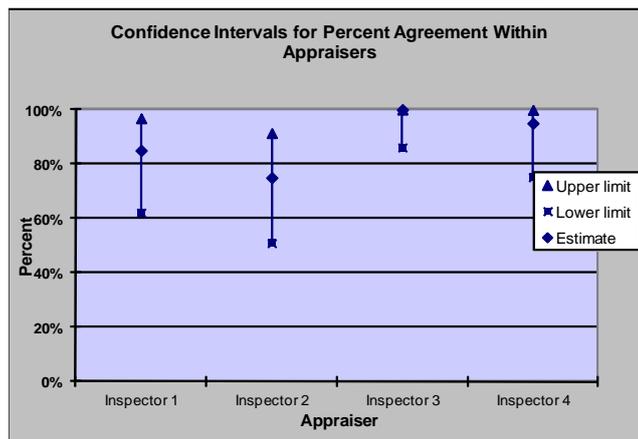


Figura XV.10 – Resultados do estudo de R&R por atributos: consistência das decisões de preenchimento do relatório por parte de cada inspector e entre os diferentes inspectores.

Each Appraiser vs. Standard				
Appraiser	Number of parts inspected	Number of agreements	Percent agreements	Confidence Interval for Percent
Inspector 1	20	17	85,00%	(62,11% 96,79%)
Inspector 2	20	7	35,00%	(15,39% 59,22%)
Inspector 3	20	14	70,00%	(45,72% 88,11%)
Inspector 4	20	17	85,00%	(62,11% 96,79%)
All Appraisers vs. Standard				
All	20	4	20,00%	(5,73% 43,66%)

C.I. Limits	Appraisers			
	Inspector	Inspector	Inspector	Inspector
Upper limit	96,79%	59,22%	88,11%	96,79%
Lower limit	62,11%	15,39%	45,72%	62,11%
Estimate	85,00%	35,00%	70,00%	85,00%

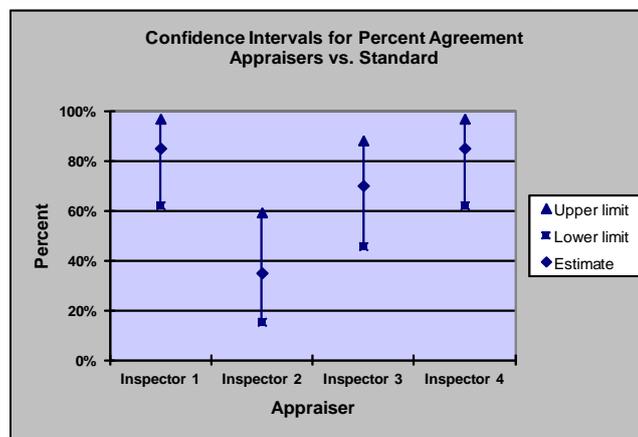


Figura XV.11 – Resultados do estudo de R&R por atributos: concordância do preenchimento do relatório de inspecção com a referência indicada pelo responsável técnico.

A primeira delas permitiu confirmar os problemas relativos à uniformidade de critérios patente no preenchimento do espaço do relatório de inspeção referente à avaliação do cumprimento dos requisitos críticos aplicáveis à ligação aos aparelhos de gás; na realidade, apenas em 4 das 20 situações da instalação é que os quatro inspectores tomaram uma mesma decisão em termos de preenchimento desse campo do relatório. Concluiu-se portanto que o problema era sobretudo de reprodutibilidade, o que está directamente ligado à questão de baixo grau de uniformização de preenchimento desse campo do relatório de inspeção.

Através dos resultados patentes na figura XV.11 concluiu-se haver igualmente um problema de exactidão, uma vez que apenas por quatro ocasiões todos os inspectores preencheram o referido campo em concordância com o responsável técnico.

Estudo de R&R relativo aos ensaios de estanquidade.

Antes de se efectuar o estudo de repetibilidade e reprodutibilidade, decidiu-se analisar a estabilidade do sistema de medição referente aos ensaios de estanquidade. Seleccionou-se uma instalação de gás, que serviu que referência para o estudo da estabilidade. Ao longo de 20 momentos diferentes de tempo, efectuaram-se, através do mesmo inspector e usando o mesmo manómetro, três réplicas do ensaio de estanquidade a essa instalação. Os resultados obtidos estão indicados no quadro XV.7. Os valores das medições que constam do quadro representam a perda de pressão, em mbar (milibar), registados pelo inspector ao fim dos 10 minutos de ensaio.

Quadro XV.7 – Dados recolhidos tendo em vista a realização de uma análise à estabilidade do sistema de medição associado à execução de ensaios de estanquidade a instalações de gás.

Período	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Média (Xbarra)	Amplitude (R)
1	0,1	0,3	0,1	0,17	0,2
2	0,2	0,7	0,4	0,43	0,5
3	0,0	0,2	0,5	0,23	0,5
4	0,3	0,0	0,4	0,23	0,4
5	0,1	0,3	0,3	0,23	0,2
6	0,6	0,2	0,3	0,37	0,4
7	0,4	0,0	0,1	0,17	0,4
8	0,1	0,2	0,1	0,13	0,1
9	0,0	0,3	0,2	0,17	0,3
10	0,5	0,2	0,1	0,27	0,4
11	0,3	0,4	0,5	0,40	0,2
12	0,0	0,1	0,0	0,03	0,1
13	0,5	0,6	0,1	0,40	0,5
14	0,3	0,5	0,1	0,30	0,4
15	0,2	0,2	0,1	0,17	0,1
16	0,4	0,2	0,5	0,37	0,3
17	0,0	0,3	0,0	0,10	0,3
18	0,1	0,6	0,4	0,37	0,5
19	0,5	0,6	0,2	0,43	0,4
20	0,3	0,0	0,1	0,13	0,3

Através destes dados, construíram-se as cartas de controlo da média e da amplitude, representadas na figura XV.12. É possível verificar a ausência de causas especiais de variação em qualquer uma das cartas, tendo-se portanto concluído que o sistema de medição associado à realização dos ensaios de estanquidade se encontrava estabilizado.

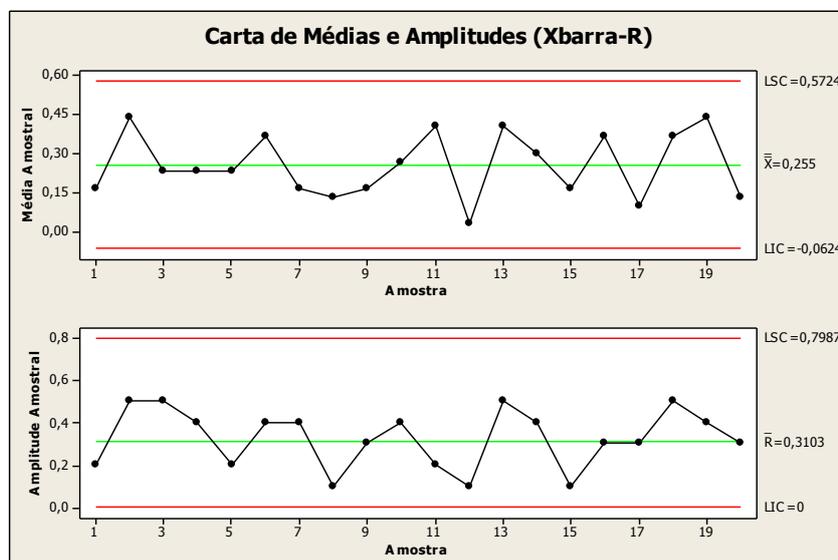


Figura XV.12 – Cartas de controlo relativas à análise da estabilidade do sistema de medição associado à realização de ensaios de estanquidade.

Concluída a análise à estabilidade do sistema de medição, passou-se então à realização do estudo de repetibilidade e reprodutibilidade, que foi efectuado de acordo com o método das cartas de controlo da média e da amplitude. Este estudo foi feito com auxílio dos laboratórios de gás e de pressão do ISQ, tendo sido possível simular 10 diferentes tipos de instalações de gás. Três inspectores, utilizando um mesmo manómetro digital calibrado, mediram três vezes a perda de pressão em cada tipo de instalação. Os valores obtidos encontram-se indicados no quadro XV.8.

Quadro XV.8 – Dados recolhidos tendo em vista a realização um estudo de R&R ao sistema de medição associado à execução dos ensaios de estanquidade a instalações de gás.

Instalação	Inspector 1					Inspector 2					Inspector 3				
	Medição			Xbarra	R	Medição			Xbarra	R	Medição			Xbarra	R
	1	2	3			1	2	3			1	2	3		
1	0,2	0,3	0,6	0,37	0,4	0,5	0,9	0,6	0,67	0,4	0,6	0,5	0,4	0,50	0,2
2	0,1	0,3	0,0	0,13	0,3	0,2	0,7	0,1	0,33	0,6	0,8	0,2	0,2	0,40	0,6
3	0,0	0,5	0,2	0,23	0,5	0,3	0,2	0,3	0,27	0,1	1,5	0,3	0,4	0,73	1,2
4	1,2	0,9	1,5	1,20	0,6	0,7	1,0	0,8	0,83	0,3	1,0	1,5	1,1	1,20	0,5
5	1,0	0,2	0,4	0,53	0,8	0,8	0,5	1,1	0,80	0,7	0,9	0,5	0,5	0,63	0,4
6	2,0	1,4	1,5	1,63	0,6	1,5	1,1	1,0	1,20	0,5	3,0	1,6	2,3	2,30	1,4
7	0,0	0,4	0,2	0,20	0,4	0,5	0,3	0,2	0,33	0,3	0,4	0,7	0,0	0,37	0,7
8	5,0	6,0	5,5	5,50	1,0	6,4	5,5	5,2	5,70	1,2	5,7	7,0	6,5	6,40	1,3
9	1,2	0,8	0,7	0,90	0,5	0,6	0,9	0,8	0,77	0,3	0,9	1,3	1,0	1,07	0,4
10	0,7	1,0	0,8	0,83	0,3	1,1	0,8	0,6	0,83	0,5	0,9	1,2	1,2	1,10	0,3

A figura XV.13 contém os resultados, em forma gráfica, do estudo de R&R efectuado ao sistema de medição referente à realização dos ensaios de estanquidade. A análise da carta de controlo das amplitudes não revelou a existência de quaisquer causas especiais de variação, indicando a inexistência de problemas na realização dos ensaios por parte de qualquer um dos inspectores. Através da carta das médias ficou demonstrada a adequabilidade da resolução, ou menor divisão da escala, do manómetro digital utilizado na realização dos ensaios (esse modelo do manómetro era usado por todos os inspectores).

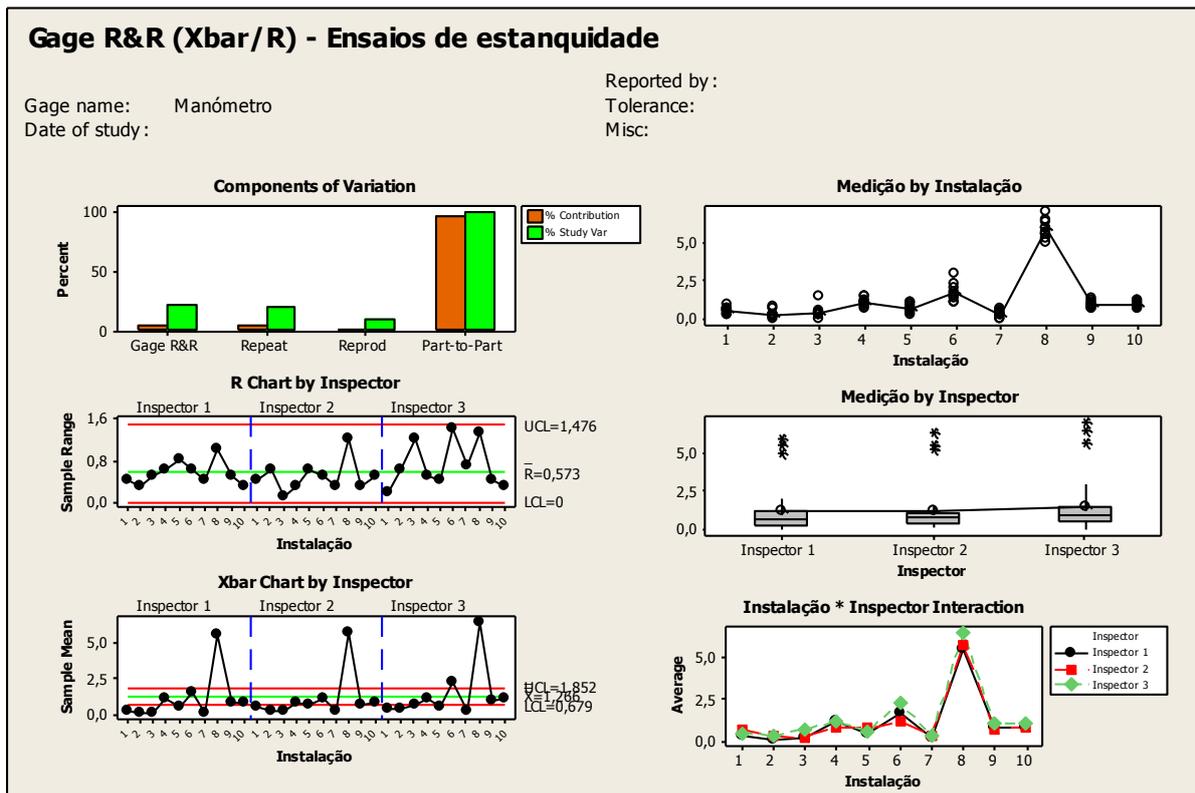


Figura XV.13 – Resultados gráficos do estudo de R&R efectuado ao sistema de medição associado à realização dos ensaios de estanquidade.

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,13835	4,30
Repeatability	0,11468	3,57
Reproducibility	0,02366	0,74
Part-To-Part	3,07658	95,70
Total Variation	3,21493	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,37195	2,2317	20,74
Repeatability	0,33865	2,0319	18,89
Reproducibility	0,15383	0,9230	8,58
Part-To-Part	1,75402	10,5241	97,82
Total Variation	1,79302	10,7581	100,00

Number of Distinct Categories = 6

Figura XV.14 – Resultados analíticos do estudo de R&R efectuado ao sistema de medição associado à realização dos ensaios de estanquidade.

A figura XV.14 apresenta, de forma quantificada, os resultados do estudo de R&R, que foram obtidos recorrendo à aplicação disponível no *software* Minitab. Concluiu-se novamente que a resolução do equipamento de medição e monitorização utilizado (o manómetro digital) era adequado ao ensaio de estanquidade em que era usado, dado que o número de categorias distintas é superior a 5 (neste caso, igual a 6). A conclusão mais importante retirada da informação contida na figura XV.14 é que o sistema de medição usado nos ensaios de estanquidade era aceitável, uma vez que a percentagem da variação atribuível a esse sistema de medição deu um valor inferior a 30%.

Fase de Analyse

Nesta fase começaram por identificar-se as possíveis causas para a ocorrência dos erros de preenchimento no campo do relatório de inspeção referente à verificação da conformidade da ligação da instalação de gás aos aparelhos. Para tal, recorreu-se à utilização de um diagrama de Ishikawa (figura XIV.15).

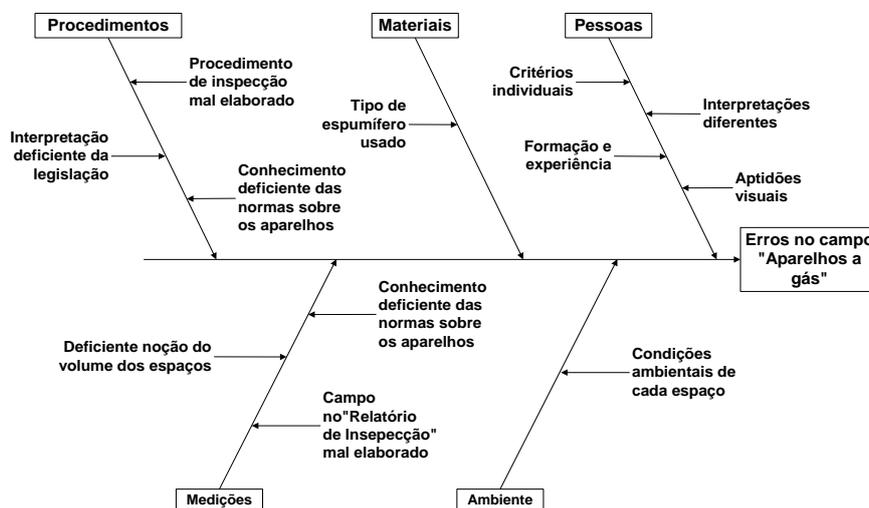


Figura XV.15 – Diagrama de Ishikawa relativo às possíveis causas para a ocorrência de erros no preenchimento do campo “aparelhos a gás” contido no relatório de inspeção de instalações de gás.

As potenciais causas que constam da figura anterior foram analisadas conjuntamente com o responsável técnico, o que permitiu à equipa de projecto descartar algumas delas. Com as possíveis causas remanescentes, usou-se um diagrama de afinidades para as organizar (figura XV.16).

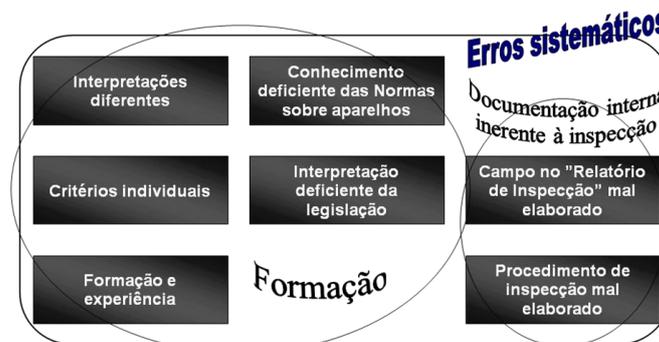


Figura XV.16 – Diagrama de afinidades das possíveis causas para a ocorrência de erros no preenchimento do campo “aparelhos a gás” no relatório de inspeção.

A procura pela(s) causa(s)-raiz levou à utilização da técnica dos Cinco Porquês (5 *Whys*). A partir da causa que, por método de multivoto entre a equipa de projecto, se considerou ser mais importante (relatório de inspecção mal elaborado, principalmente o campo relativo aos aparelhos a gás), efectuaram-se várias vezes a questão “porquê?” até surgir aquela que foi considerada a causa-raiz do problema (figura XV.17). O resultado da aplicação dos Cinco Porquês foi de que os erros de preenchimento tinham provavelmente origem na forma como era feita, no relatório de inspecção, a formulação dos requisitos críticos relacionados com a ligação da instalação aos aparelhos a gás. Notou-se que a descrição feita dos requisitos que uma instalação de gás deve cumprir, relativamente às conexões com os aparelhos a gás, estava feita na negativa, ao passo que a formulação feita nos restantes campos do relatório era efectuada na afirmativa, o que criava diferenças de interpretação.

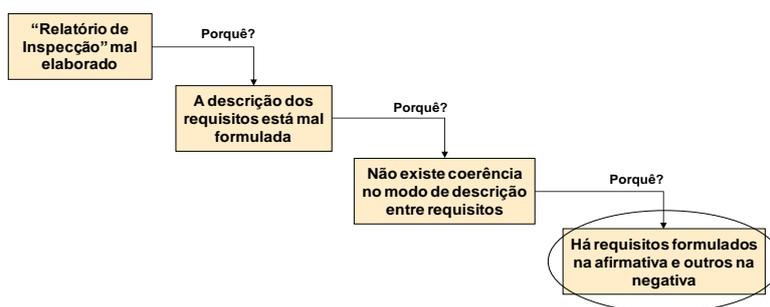


Figura XV.17 – Utilização dos Cinco Porquês para apurar a causa raiz da ocorrência de erros no preenchimento do campo referente aos aparelhos a gás no relatório de inspecção.

Para melhor compreender os problemas relacionados com os ensaios de estanquidade, assim como as consequências e as causas dos mesmos, efectuou-se uma Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA), cuja matriz se representa no quadro XV.9. A prioritização das seguintes potenciais causas teve por base os valores mais elevados para o número de prioritização de risco (NPR):

- *Critério da variação zero* – Está relacionada com o facto de, apesar de o procedimento indicar que é admissível haver uma perda até 1,0 mbar durante os 10 minutos de ensaio, alguns inspectores, por excesso de rigor, declaravam que a instalação estava não conforme mesmo em situações em que a perda pressão medida era menor do que esse valor.
- *Pressa / não controlo do tempo* – Situações em que o inspector se vê pressionado, a nível de tempo, por compromissos ou solicitações relacionados com a actividade de inspecção.

Quadro XV.9 – FMEA referente à realização dos ensaios de estanquidade.

Requisito	Potencial Modo de Falha	Potencial(a)s Efeito(s) da Falha	A) SEVERIDADE		B) Probabilidade OCORRÊNCIA		Actuais Medidas de Controlo para Prevenção	Actuais Medidas de Controlo para Detecção	C) Probabilidade DETECCÃO		NÚMERO DE PRIORITIZAÇÃO DE RISCO NPR AxBxC
			Escala 1-10 10=Maior Severidade	Potencial(a)s Causa(s) / Mecanismo(s) de Falha	Escala 1-10 10=Maior Probabilidade	Escala 1-10 10=Menor Probabilidade					
Realizar correctamente o ensaio de estanquidade	Inspector não cumpre o critério de aceitação estabelecido	Não validação de uma instalação estanque (conforme)	8	Critério da "variação zero"	6	Procedimento de Inspeção	—	6	288		
	Inspector não cumpre o critério de aceitação estabelecido	Não validação de uma instalação estanque (conforme)	8	Ligação ao manómetro não estanque	6	Procedimento de Inspeção	Fase prévia	4	192		
	Inspector não realiza o ensaio à pressão correcta	Validação de uma instalação não estanque (não conforme)	10	Manómetro não calibrado	2	Plano de Calibrações	Etiqueta de Calibração	4	80		
	Inspector não cumpre o tempo de ensaio estabelecido	Validação de uma instalação não estanque (não conforme)	10	Pressa; não controlo do tempo	4	Plano de Inspeções	—	7	280		
	Inspector não regista toda a informação no campo "Ensaio de Estanquidade"	"Relatório de Inspeção incompleto"	6	Pressa; esquecimento	6	Procedimento de Inspeção	—	4	144		

Fase de *Improve*

Face às causas identificadas na fase anterior, tanto para a questão dos aparelhos a gás como para os ensaios de estanquidade, a equipa de projecto, com o envolvimento próximo do responsável técnico, gerou várias acções de melhoria possíveis. As acções de melhoria que se consideraram ser úteis e viáveis foram as seguintes:

- Reformular os requisitos relacionados com os “aparelhos a gás” no relatório de inspecção.
- Efectuar uma revisão a todo o relatório de inspecção de instalações de gás.
- Realizar formação interna relativa à legislação aplicável às ligações aos aparelhos a gás.
- Realizar formação interna no procedimento de ensaios de estanquidade.
- Elaborar e implementar um plano de supervisão e acompanhamento de pessoal incidindo no seguinte: critérios de inspecção relativos à verificação da conformidade das ligações aos aparelhos a gás, realização de ensaios de estanquidade, preenchimento do relatório de inspecção.
- Em conjunto com as empresas concessionárias de distribuição de gás, efectuar o planeamento das inspecções atendendo a: número de inspecções diárias por inspector, área geográfica abrangida pelas inspecções feitas por um mesmo inspector.

Quadro XV.10 – Planeamento das acções de melhoria através da técnica 5W1H (projecto “Relatório Sigma”).

O quê (What?)	Quem? (Who?)	Quando? (When?)	Porquê? (Why?)	Onde? (Where?)	Como? (Who?)
Revisão da formulação dos requisitos referentes ao campo “aparelhos a gás” do relatório de inspecção	Responsável Técnico	Até final de Janeiro	Clarificar a descrição dos requisitos referidos	Unidade de Negócios GÁS do ISQ	Assegurando que a formulação dos requisitos se encontra na afirmativa
Revisão do relatório de inspecção de instalações de gás	Responsável Técnico	Até final de Janeiro	Simplificar o relatório e facilitar a uniformização de preenchimento	Unidade de Negócios GÁS do ISQ	Formulação dos requisitos mais simples e objectiva; layout do relatório simplificado
Elaboração e validação de uma nova versão do relatório de inspecção	Responsável Técnico	Até final de Janeiro	Introduzir as alterações consideradas necessárias, após as revisões efectuadas	Unidade de Negócios GÁS do ISQ	Elaboração do Responsável Técnico e validação do Gestor da Unidade de Negócios GÁS
Entrada em vigor da nova versão do relatório de inspecção de instalações de gás	Responsável Técnico	A partir de Fevereiro	Introduzir em serviço a nova versão do relatório de instalações de gás	Unidade de Negócios GÁS do ISQ	Envio para a gráfica e incorporação do número único em cada exemplar do relatório
Realização de formação interna sobre o preenchimento do relatório, aparelhos a gás e ensaios de estanquidade	Responsável Técnico e Direcção de formação	2.ª e terceira semanas de Fevereiro	Difundir as melhores práticas, uniformizar critérios de decisão, clarificar requisitos legais aplicáveis	Edifício Formação	Sessões de formação, entre as 18h30 e as 20h30, durante duas semanas, total de 20 horas
Efectuar supervisão e acompanhamento do pessoal	Inspectores seniores e Responsável Técnico	Fevereiro e Março	Monitorizar e controlar o cumprimento das regras e critérios de inspecção, realização dos ensaios e preenchimento do relatório final	Unidade de Negócios GÁS do ISQ	Elaborar e cumprir plano de supervisão e acompanhamento de pessoal
Redefinir os critérios de agendamento das inspecções periódicas e extraordinárias de instalações de gás, em conjunto com as empresas concessionárias	Responsável Técnico e empresas concessionárias de gás	Até final de Fevereiro	Permitir que cada inspector disponha de tempo para efectuar correcta e totalmente todas as actividades do serviço de inspecção, incluindo os ensaios de estanquidade, sem pressões desnecessárias de tempo	Unidade de Negócios GÁS do ISQ	Reuniões técnicas com as empresas concessionárias

A implementação das acções de melhoria referidas foi planeada utilizando uma matriz baseada na técnica 5W1H (quadro XV.10). Para determinar a eficácia das acções de melhoria referentes aos ensaios de estanquidade, foram recalculados, após a implementação das mesmas, os valores do número de prioritização de risco (NPR). Os resultados podem ser observados no quadro XV.13. Dado que se conseguiram reduzir os valores de NPR, concluiu-se que as acções de melhoria foram eficazes.

A partir da análise de uma nova amostra de 200 relatórios de inspecção, determinou-se o número de vezes que, nessa amostra, cada tipo de erro (oportunidade para defeito) foi cometido (quadro XV.11).

Quadro XV.11 – Número de ocorrências de preenchimento incorrecto do relatório de inspecção, por oportunidade para defeito, constatada na nova amostra de 200 relatórios.

Tipo de erro / oportunidade para defeito	N.º ocorrências
Campos de identificação	4
Itens referentes a potenciais defeitos críticos	3
Itens referentes a outros potenciais defeitos	5
Ensaio de estanquidade	4
Ensaio de CO	1
Referência dos DMM	7
Decisão sobre a emissão do certificado	0
Assinaturas necessárias	2
Carimbo do inspector	0

Pôde então estimar-se o novo valor para o número de defeitos por milhão de oportunidades:

$$DPMO = \frac{26}{200 \times 9} \times 10^6 \cong 14.444$$

Relativamente à aplicação da expressão anterior:

- O número total de defeitos contabilizados, igual a 26, equivale à soma do número de ocorrências que consta do quadro XV.8.
- O número de oportunidades para defeito é igual a 9.
- O número de unidades processadas é igual a 200, pois foi esse o número de relatórios de inspecção consultados.

Os novos valores do Nível Sigma, de curto e de longo prazos prazo, foram também apurados:

$$Z_{CP} = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \times \ln(14.444)} \cong 3,7$$

$$Z_{LP} = 3,7 - 1,5 = 2,2$$

O quadro XV.12 compara os níveis de desempenho, relativos ao procedimento de preenchimento dos relatórios de inspecção de instalações de gás, antes e após a adopção das acções de melhoria.

Quadro XV.12 – Comparação entre os níveis de desempenho registados antes e depois da introdução das melhorias que resultaram da realização do projecto Seis Sigma.

Desempenho	DPMO	Nível Sigma longo prazo (Z_{LP})	Nível Sigma curto prazo (Z_{CP})
Inicial (<i>baseline</i>)	61.111	1,5	3,0
Após o projecto	14.444	2,2	3,7

Fase de Control

Nesta fase foram introduzidas folhas de verificação, simples e fáceis de consultar, que foram distribuídas a todos os inspectores com funções relacionadas com as redes de utilização de gás. Além de constituírem um guia prático de bolso, foi uma forma de sistematizar as melhores práticas e uniformizar critérios de inspecção.

Quadro XV.13 – FMEA contendo os valores de NPR após a implementação das acções de melhoria relativas aos ensaios de estanquidade.

Requisito	Potencial Modo de Falha	Potencial(ais) Efeito(s) da Falha	A) SEVERIDADE Escala 1-10 10=Maior Severidade	Potenciais/ Causas(s)/ Mecanismo(s) de Falha	B) Probabilidade OCORRÊNCIA Escala 1-10 10=Maior Probabilidade	Actuals Medidas de Controlo para Prevenção	Actuals Medidas de Controlo para Detecção	C) Probabilidade DETECÇÃO Escala 1-10 10=Menor Probabilidade	NÚMERO DE PRIORITIZAÇÃO DE RISCO NPR AxBxC	Acção(ões) Recomendada(s)	Responsabilidade e Data de Implementação	Resultados Attingidos				
												Acções Tomadas	Sev	Oc	NP Det R	
Realizar correctamente o ensaio de estanquidade	Inspector não cumpre o critério de aceleração estabelecido	Não validação de uma instalação estanque (conforme)	8	Critério da "variação zero"	6	Procedimento de inspeção	—	6	288	Formação específica. Plano de supervisão e acompanhamento	Responsável Técnico Formação de 14 a 28 Janeiro 2005 - Supervisão e acompanhamento entre 31/01/2005 e 12/03/2005	Todas as recomendações	8	4	3	96
	Inspector não cumpre o critério de aceleração estabelecido	Não validação de uma instalação estanque (conforme)	8	Ligação ao manómetro não estanque	6	Procedimento de inspeção	Fase prévia	4	192				8	6	4	192
	Inspector não realiza o ensaio à pressão correcta	Validação de uma instalação não estanque (não conforme)	10	Manómetro não calibrado	2	Plano de Calibrações	Etiqueta de Calibração	4	80				10	2	4	80
	Inspector não cumpre o tempo de ensaio estabelecido	Validação de uma instalação não estanque (não conforme)	10	Pressa não controla o tempo	4	Plano de Inspeções	—	7	280	Formação específica. Plano de supervisão e acompanhamento	Responsável Técnico Formação de 14 a 28 Janeiro 2005 - Supervisão e acompanhamento entre	Todas as recomendações	10	4	5	200
	Inspector não regista toda a informação no campo "Ensaio de Estanquidade"	"Relatório de Inspeção incompleto"	6	Pressa; esquecimento	6	Procedimento de inspeção	—	4	144				6	6	4	144

XV.9. Proposta de procedimento funcional: “Projectos Seis Sigma” (PF-ISQ-14)

1 – Objectivo

Este procedimento tem por objectivo a concretização dos seguintes objectivos:

- Sistematizar a detecção de oportunidades de melhoria e de inovação, a partir da análise dos dados oriundos do sistema integrado de gestão.
- Permitir a identificação de potenciais projectos Seis Sigma, atendendo às oportunidades de melhoria e inovação identificadas.
- Estabelecer os critérios e a metodologia a adoptar na avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma, de modo a seleccionar aqueles que mais contribuam para a melhoria contínua do sistema integrado de gestão e dos resultados do negócio.
- Definir e uniformizar as metodologias para o planeamento, realização e encerramento dos projectos Seis Sigma seleccionados.

2 – Âmbito

Este procedimento aplica-se a todas as todas as Direcções e Departamentos do ISQ, tenham estes um carácter operacional, transversal ou centralizado.

3 – Referências

- NP EN ISO 9000:2005 – Sistemas de Gestão da Qualidade: Fundamentos e vocabulário.
- NP EN ISO 9001:2008 – Sistemas de Gestão da Qualidade: Requisitos.
- NP EN ISO 14001:2004 – Sistemas de Gestão Ambiental: Requisitos e linhas de orientação para a sua utilização.
- NP 4397:2008 – Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho: Requisitos (Especificações OHSAS 18001).
- NP EN ISO/IEC 17020:2006 – Critérios gerais para o funcionamento de diferentes tipos de organismos de inspecção.
- NP EN ISO/IEC 17024:2004 – Avaliação da conformidade: Requisitos gerais para organismos de certificação de pessoas.
- NP EN ISO/IEC 17025:2005 – Requisitos gerais de competência para laboratórios de ensaio e calibração.
- SA 8000:2008 – Responsabilidade social.
- NP 4427:2004 – Sistemas de gestão de recursos humanos: Requisitos.
- NP 4457:2007 – Gestão da investigação, desenvolvimento e inovação (IDI): Requisitos do sistema de gestão.
- ISO 13053-1:2011 – Quantitative methods in process improvement – Six Sigma – Part 1: DMAIC methodology.
- ISO 13053-2:2011 – Quantitative methods in process improvement – Six Sigma – Part 2: Tools and techniques.
- PF-ISQ-02 – Auditorias internas.
- PF-ISQ-12 – Revisão do sistema de gestão.

4 – Definições/siglas

- **Black Belt (BB):** Líder técnico dos projectos Seis Sigma de melhoria contínua, que decorram de acordo com o mapa DMAIC (ver responsabilidades no ponto 6.4 deste procedimento).
- **Característica crítica para a qualidade (CTQC – *Critical to Quality Characteristic*):** Característica da qualidade específica, clara, não ambígua e mensurável ou observável, que traduz, em termos operacionais, um requisito do cliente, interno ou externo, cujo cumprimento é imperativo para a sua satisfação e para o sucesso do negócio.
- **Champion:** Líder executivo da organização que coordena o programa Seis Sigma e o alinha com os objectivos do negócio (ver responsabilidades no ponto 6.2 deste procedimento).
- **DEPE:** Direcção de Estratégia e Projectos Especiais.
- **Design for Six Sigma (DFSS):** Vertente metodológica do Seis Sigma orientada para a execução de projectos de inovação.
- **DMADV (Define, Measure, Analyse, Design, Validate):** Mapa metodológico, baseado no ciclo PDCA, usado na execução de projectos Seis Sigma, do tipo DFSS, que se enquadrem num contexto de inovação incremental.
- **DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control):** Mapa metodológico, baseado no ciclo PDCA, usado na execução de projectos Seis Sigma de melhoria incremental.
- **Green Belt (GB):** Líder técnico dos projectos Seis Sigma que decorram na Direcção em que se encontre afecto, sob coordenação do Black Belt (ver responsabilidades no ponto 6.5 deste procedimento).
- **IDOV (Identify, Design, Optimise, Validate):** Mapa metodológico, baseado no ciclo PDCA, usado na execução de projectos Seis Sigma, do tipo DFSS, que se enquadrem num contexto de inovação radical.
- **Master Black Belt (MBB):** Mentor do(s) Black Belt e líder de projectos Seis Sigma que requeiram a utilização de técnicas e ferramentas mais sofisticadas, o que inclui aqueles que utilizem uma abordagem de DFSS (ver responsabilidades no ponto 6.5 deste procedimento).
- **QAS:** Departamento de Qualidade, Ambiente e Segurança da DEPE.
- **RACI:** Sigla usada para planear, num esquema matricial, quem executa uma dada actividade do projecto (*Responsible*), quem responde pela consumação da mesma (*Accountable*), e quem deve ser consultado (*Consulted*) e informado (*Informed*) durante a sua realização.
- **Revisão intermédia do projecto (Gate Review):** Revisão formal de um projecto Seis Sigma que ocorre sempre que se pretender transitar de fase do mapa metodológico (DMAIC, DMADV ou IDOV) adoptado na realização do projecto.
- **Sponsor:** Director de Unidade de Negócio, Director de Departamento ou Gestor de Processo da área ou processo em que o projecto Seis Sigma predominantemente decorra (ver responsabilidades no ponto 6.3 deste procedimento).

5 – Modo de proceder

5.1. Ciclo de vida dos projectos Seis Sigma

Este conceito está associado aos diferentes estádios pelos quais passam os projectos Seis Sigma que sejam realizados e concluídos com êxito. Esses estádios, ou fases, são os seguintes:

- 1) Identificação de potenciais projectos Seis Sigma.
- 2) Prioritização dos potenciais projectos Seis Sigma.
- 3) Selecção do(s) projecto(s) Seis Sigma a realizar.
- 4) Planeamento e realização do(s) projecto(s) Seis Sigma seleccionado(s).
- 5) Pós-projecto.

5.2. Identificação de potenciais projectos Seis Sigma

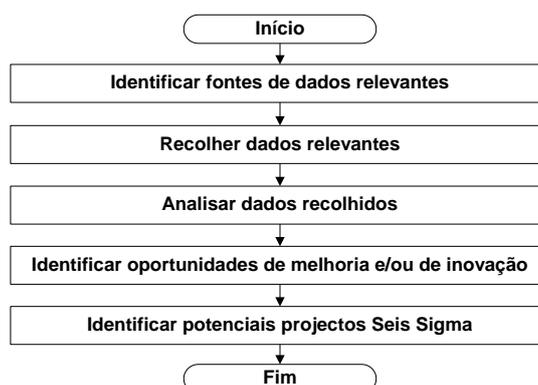
As cláusulas de requisitos dos principais referenciais normativos de gestão, com aplicabilidade no âmbito das actividades ocorridas nesta fase ou estágio do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, são as que constam do quadro seguinte.

Referenciais de gestão universais						Referenciais de gestão para sectores específicos			Referenciais sobre Seis Sigma	
ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001	SA 8000	NP 4457	NP 4427	ISO/IEC 17020	ISO/IEC 17024	ISO/IEC 17025	ISO 13053-1	ISO 13053-2
5.4.1	4.3.2	4.3.2	3.4	4.3.1	6.3	6.4	4.2.2	4.1.2	9.1	
6.2.2	4.3.3	4.4.3.2	9.5 d)	4.3.2	6.4	7.7	4.2.6	4.4.1		
7.2.1	4.4.2	4.4.6	9.7 b)	4.4.1 b)	7.7	7.8	4.3.6	4.7		
7.4	4.4.6	4.4.7	9.8	4.4.1 c)	8.1.1	8	4.4.3	4.8		
8.2.1	4.4.7	4.5.1	9.10 d)	4.4.1 d)	8.1.2	9.11	4.5.2 c)	4.9		
8.2.2	4.5.1	4.5.2	9.11	4.4.1 e)	8.1.3	10.1		4.14		
8.2.3	4.5.2	4.5.3.1	9.14	4.4.1 f)	8.2	11		5.2		
8.2.4	4.5.5	4.5.5	9.15	4.4.1 h)	8.3	13		5.8		
8.3				4.5.1		15		5.9		
8.4				4.5.2		16		5.10		

A identificação de potenciais projectos Seis Sigma é realizada a dois níveis:

- A nível global e transversal, pela área de Qualidade, Ambiente e Segurança (QAS) do ISQ.
- A nível de cada Direcção do ISQ.

Em ambos os níveis, a metodologia adoptada é aquela que consta do fluxograma seguinte.



5.2.1 Identificação de fontes relevantes de dados

Independentemente da área funcional do ISQ, existem dados internos e externos, que podem ser recolhidos de forma retroactiva e proactiva, que após serem organizados, tratados e analisados, conduzem normalmente à identificação de oportunidades de melhoria e/ou de inovação.

A lista seguinte ajuda a tipificar e a exemplificar dados que podem ser relevantes:

- Dados relativos ao negócio.
 - Valores de indicadores-chave sobre o desempenho financeiro (e.g. Retorno sobre o investimento, Custos operacionais incorridos, Receita bruta, Receita líquida, etc.).
 - Valores de indicadores-chave não financeiros sobre o desempenho do negócio (e.g. quotas de mercado, volume dos serviços prestados, variedade dos serviços prestados, abrangência geográfica do negócio, taxa de adjudicações, etc.).
 - Estudos, relatórios ou artigos, de âmbito regional, nacional ou internacional, contendo elementos relevantes acerca dos mercados e/ou dos potenciais mercados de actuação do ISQ e suas Unidades de Negócio.
 - Publicações estatísticas, de âmbito regional, nacional ou internacional, que permitam caracterizar sector(es) de actuação do ISQ e suas Unidades de Negócio.
 - Entre outros
- Dados relativos aos serviços prestados.
 - Valores de indicadores-chave sobre o desempenho comercial dos serviços (e.g. tempos médios de resposta a consulta de clientes, grau de cumprimento das condições comerciais acordadas na adjudicação dos serviços, etc.).
 - Valores de indicadores-chave sobre o desempenho operacional dos serviços (e.g. cumprimento dos prazos estabelecidos para a realização dos serviços, percentagem de serviços com ocorrência de pelo menos uma não conformidade, etc.)
 - Resultados de auditorias internas de conformidade.
 - Relatórios de serviço e respectivos registos.
 - Entre outros.
- Dados relativos aos processos.
 - Valores de indicadores-chave sobre a eficiência de processos (e.g. tempos médios de espera, eficiências de ciclo, taxas de retrabalho, etc.).
 - Resultados relativos ao controlo dos processos (e.g. resultados das actividades de supervisão, resultados da verificação periódica das carteiras profissionais resultados das medições e monitorização das condições ambientais dos laboratórios, etc.).
 - Resultados de auditorias internas de conformidade a processos, procedimentos funcionais, procedimentos operacionais ou instruções de trabalho.
 - Resultados das verificações do cumprimento das condições de segurança previstos para minimização dos riscos de SHST.
 - Resultados das verificações do cumprimento das disposições ambientais previstas para minimização dos impactos ambientais causados pelos processos.

- Entre outros.
- Dados relativos aos clientes.
 - Resultados dos inquéritos periódicos relativos à satisfação dos clientes.
 - Reclamações e sugestões, formais e informais, provenientes dos clientes.
 - Estudos ou análises de *marketing* relativos às necessidades e expectativas dos clientes, incluindo necessidades latentes, e evolução destas.
 - Valores de indicadores-chave sobre os clientes (e.g. fidelidade dos clientes, número de consultas efectuadas por cada cliente, taxa de adjudicações por cliente, número de projectos realizados com o envolvimento de clientes, etc.).
 - Entre outros
- Dados relativos às pessoas.
 - Valores de indicadores-chave relativos à gestão de recursos humanos e da responsabilidade social (e.g. polivalência técnica dos colaboradores, níveis de satisfação e motivação dos colaboradores, etc.).
 - Valores de indicadores-chave relativos à segurança, higiene e saúde no trabalho (número de incidentes verificados, tipos de lesões ocorridas, etc.).
 - Relatórios de segurança e de medicina do trabalho.
 - Ideias e sugestões de colaboradores e resultados de sessões de *brainstorming*.
 - Reporte de situações de não conformidade por parte dos colaboradores.
 - Entre outros.
- Dados relativos à infraestrutura.
 - Níveis de risco associados à utilização das instalações, equipamentos de processo, laboratórios, viaturas, entre outros elementos de infraestrutura..
 - Impactos ambientais causados pelas condições dos edifícios, instalações, viaturas, equipamentos, laboratórios, entre outros elementos de infraestrutura
 - Valores de custos de manutenção de edifícios e de outras infraestruturas.
 - Entre outros.
- Dados relativos a outras partes interessadas externas.
 - Resultados da participação do ISQ em comissões técnicas, comissões sectoriais, entre outros organismos.
 - Comunicações e informações trocadas com entidades legais, reguladoras e governamentais.
 - Resultados das verificações de encomendas fornecidas e das avaliações dos fornecedores.
 - Resultados de acções envolvendo elementos da sociedade civil.
 - Entre outros.
- Dados relativos ao conhecimento e tecnologia.
 - Patentes e outras propriedades intelectuais e industriais da organização.
 - Resultados de projectos de investigação e desenvolvimento.
 - Áreas do competência e níveis de conhecimento dos colaboradores.

- Níveis de capacidade tecnológica
- Entre outros.
- Dados relativos ao sistema de gestão.
 - Resultados de auditorias internas aos sistemas de gestão implementados.
 - Resultados de auditorias de terceira parte aos sistemas de gestão implementados.
 - Relatórios de revisões pela gestão anteriormente realizadas.
 - Resultados da aplicação do processo de auto-avaliação.
 - Entre outros.

5.2.2 Recolha e análise de dados

As diferentes Direcções do ISQ e o QAS, nas suas respectivas esferas de responsabilidades e de actuação, recolhem e procedem ao tratamento e análise dos dados que consideram relevantes.

Para auxiliar no tratamento e análise de dados de natureza qualitativa (e.g. sugestões, reclamações, ideias, tópicos, incidentes, etc.), podem ser usadas, entre outras, as seguintes técnicas/ferramentas:

- *Diagrama de Afinidades*. Organizar um grande número disponível de dados em grupos ou categorias, atendendo às afinidades lógicas e de significado existentes entre os mesmos.
- *Diagrama em Árvore*. Organizar e relacionar os dados recolhidos, de acordo com o nível de detalhe daquilo que estes descrevem ou indicam.
- *Diagrama de Interrelações*. Compreender as relações de causa-efeito entre itens de dados.
- *Matrizes de Relações*. Mostrar graficamente as ligações lógicas entre dois conjuntos ou mais de itens de dados.
- *Método Interativo de Seleção*. Priorizar de forma controlada, e em equipa, dados de natureza qualitativa, a partir de um número elevado de itens.

Para ajudar no tratamento e análise de dados quantitativos, pode recorrer-se à utilização, entre outras, das seguintes técnicas/ferramentas:

- *Diagrama de Pareto*. Determinar qual(ais) o(s) grupo(s) ou categoria(s) (e.g. tipos de erros, centro de custos, tipo de reclamações, divisão/departamento, etc.) que mais contribui(em) para a ocorrência do problema ou fenómeno em análise.
- *Técnicas de estatística descritiva*. Sintetizar, graficamente (e.g. histogramas, diagramas de pontos, diagramas de caixas, etc.), e numericamente (e.g. média, desvio-padrão, mediana, etc.) os parâmetros estatísticos de uma determinada característica da qualidade.
- *Diagramas de Correlação*. Verificar se existe uma relação entre duas variáveis de processo ou características da qualidade e determinar a intensidade e forma dessa relação.

No decurso da análise dos dados é desejável, sempre que possível, efectuar os seguintes exercícios:

- Determinar tendências (positivas, negativas, neutras) e padrões evolutivos nos níveis de desempenho, revelados através de indicadores e métricas de interesse.
- Verificar a sustentabilidade das tendências positivas.
- Realizar comparações competitivas com organizações externas, de modo a concluir se as posições competitivas são favoráveis ou desfavoráveis.

- Efectuar comparações entre os resultados alcançados e os objectivos estabelecidos, confirmando que os objectivos estabelecidos são apropriados e determinando se os desvios existentes, entre objectivos e resultados, são ou não favoráveis.
- Enquadrar as conclusões do tratamento de dados por segmentos de mercado.

5.2.3 Identificação de potenciais projectos Seis Sigma a partir de oportunidades de melhoria e/ou de inovação

A análise e interpretação dos dados recolhidos permitem extrair um conjunto útil de informações e conclusões. A partir do conhecimento gerado por este processo, tanto as Direcções do ISQ como a área de QAS do ISQ, no seu âmbito de actuação, procedem à identificação de oportunidades de melhoria e/ou de inovação. As informações geradas pela análise de dados, permitem também que as mesmas efectuem uma análise SWOT (*Strenghts, Weaknesses, Opportunities, Threats*).

A partir das oportunidades de melhoria identificadas, procede-se à identificação de potenciais projectos Seis Sigma. O mesmo procedimento é dado às oportunidades de inovação, sendo que estas dão normalmente origem a possíveis projectos Seis Sigma que seguem uma abordagem de DFSS. Os potenciais projectos Seis Sigma identificados pelo QAS são susceptíveis de ter uma natureza mais transversal à organização, comparativamente com aqueles que são identificados pelas Direcções.

5.3. Prioritização dos potenciais projectos Seis Sigma

As cláusulas de requisitos dos principais referenciais normativos de gestão, com aplicabilidade nas actividades deste estágio do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, constam do quadro seguinte.

Referenciais de gestão universais						Referenciais de gestão para sectores específicos			Referenciais sobre Seis Sigma	
ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001	SA 8000	NP 4457	NP 4427	ISO/IEC 17020	ISO/IEC 17024	ISO/IEC 17025	ISO 13053-1	ISO 13053-2
4.1	4.1	4.1	9.1	4.1	4.1	7.1	4.4	4.1.2	9.2	
5.2	4.2	4.2		4.3.2	5.2	7.2		4.2.1		
5.3	4.3.2	4.3.2		4.4.1	6.4			4.2.2		
				a)						
				4.4.1						
				g)						

O interesse dos vários possíveis projectos Seis Sigma, previamente identificados, é certamente diferenciado. Nesta etapa, cada Direcção prioriza os projectos Seis Sigma que considera terem verdadeiramente interesse para o seu negócio, sendo adicionados ao seu *Portefólio de potenciais projectos Seis Sigma*. De modo semelhante, os possíveis projectos identificados pelo QAS são alvo de prioritização, sendo estes adicionados ao seu *Portefólio de potenciais projectos Seis Sigma*.

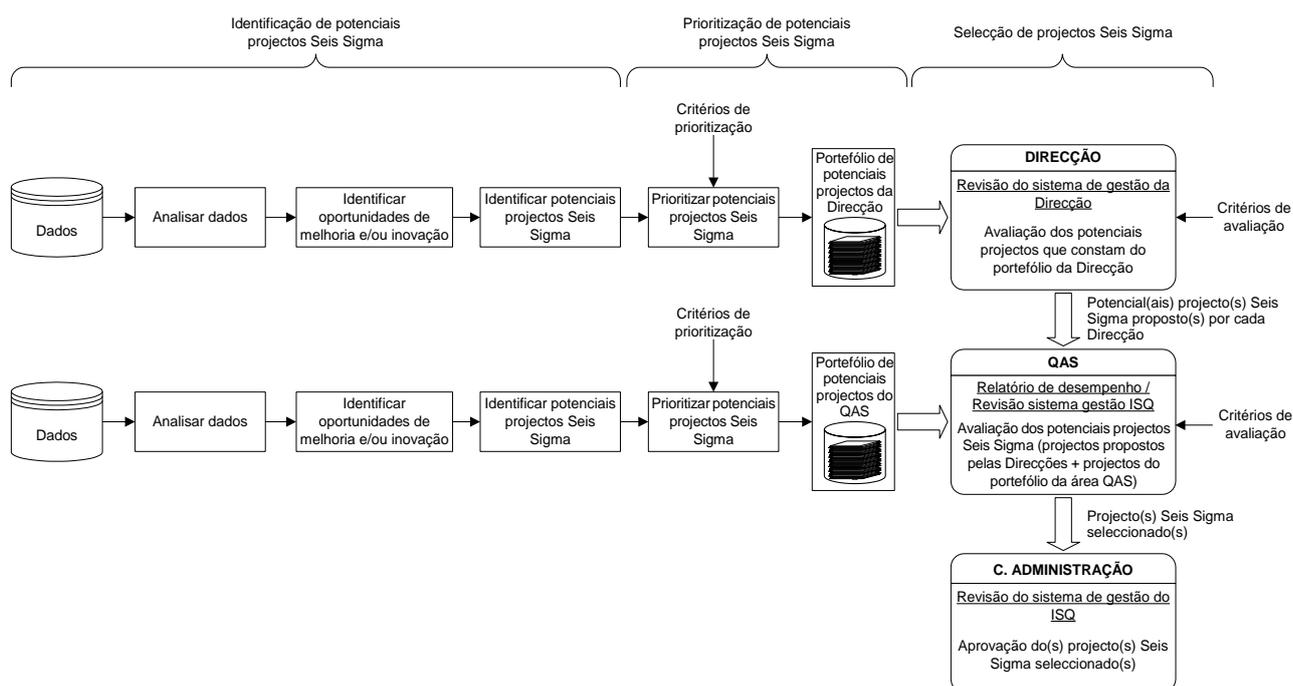
Cada Direcção prioriza os potenciais projectos Seis Sigma que satisfaçam os seguintes critérios:

- O projecto contribui para a melhoria contínua do sistema de gestão da Direcção.
- O projecto é consistente com a(s) Política(s) do sistema de gestão da Direcção.
- O projecto é relevante para o cliente (interno e/ou externo) e para o negócio da Direcção.

Relativamente aos potenciais projectos identificados pelo QAS, estes são prioritizados atendendo aos seguintes critérios:

- O projecto contribui para a melhoria contínua do sistema de gestão do ISQ.
- O projecto é consistente com as Políticas do sistema de gestão do ISQ.
- O projecto é relevante para a concretização dos resultados e estratégia do ISQ.

A figura seguinte ilustra o processo de prioritização de potenciais projectos Seis Sigma e o modo como este se articula com as fases de identificação de possíveis projectos (secção 5.2) e de selecção dos projectos prioritizados (secção 5.4).



5.4. Selecção de projectos Seis Sigma

As cláusulas de requisitos dos principais referenciais normativos de gestão, que têm aplicabilidade no contexto deste estágio do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, constam do quadro seguinte.

Referenciais de gestão universais						Referenciais de gestão para sectores específicos			Referenciais sobre Seis Sigma	
ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001	SA 8000	NP 4457	NP 4427	ISO/IEC 17020	ISO/IEC 17024	ISO/IEC 17025	ISO 13053-1	ISO 13053-2
5.6.1	4.6	4.6	9.4	4.5.3	5.4	7.9	4.4.3	4.15	9.2	
5.6.2					5.4.1				9.3	
5.6.3					5.4.2					

A fase de selecção do(s) projecto(s) Seis Sigma que se pretende(m) ver realizado(s) ocorre em estreita interligação com o processo descrito no procedimento *Revisão do sistema de gestão*.

A avaliação dos potenciais projectos Seis Sigma que constam do portefólio de cada Direcção, ocorre durante os ciclos, previstos no procedimento, para a revisão do seu sistema de gestão. A metodologia de avaliação a adoptar em cada Direcção apoia-se na utilização da seguinte matriz de prioridades.

Projectos Seis Sigma	Critérios					Pontuação final (AxBxCxDxE)
	(A) Contribuição para a melhoria do sistema de gestão da Direcção	(B) Contribuição para o aumento do valor do negócio	(C) Contribuição para o aumento da satisfação do cliente	(D) Probabilidade de sucesso	(E) Contribuição para a melhoria do desempenho de outras áreas	
Projecto 1						
Projecto 2						
Etc.						

Nota 1: A pontuação atribuída em cada célula é um valor inteiro compreendido entre 1 e 10.

Nota 2: Quanto maior a pontuação atribuída, na escala referida, mais o projecto avaliado se adequa ao critério.

Nota 3: A pontuação final de cada projecto é calculada multiplicando as pontuações individuais atribuídas.

Com base na pontuação final dos potenciais projectos Seis Sigma, que constam do seu portefólio, cada Direcção selecciona aquele(s) que considera ser(em) mais importante(s), propondo então a sua realização ao QAS.

O QAS, em função da globalidade da informação relativa ao sistema de gestão integrado do ISQ e dos relatórios de revisão do sistema das Direcções (a partir dos quais é elaborado o relatório semestral de desempenho do sistema de gestão do ISQ), tem a possibilidade de analisar e avaliar o conjunto de projectos Seis Sigma, que abarca:

- Os potenciais projectos Seis Sigma propostos pelas Direcções.
- Os projectos projectos Seis Sigma que compõem o portefólio do QAS.

Dada a importância da abordagem à gestão como um sistema, e uma vez que podem existir relações e sinergias entre os potenciais projectos Seis Sigma, alguns deles podem ser fundidos, combinados ou até decompostos. A avaliação do conjunto final de potenciais projectos Seis Sigma, realizada pelo QAS, apoia-se na seguinte matriz de prioridades, respectivos critérios e escala de pontuação.

Projectos Seis Sigma	Critérios					Pontuação final (AxBxCxDxE)
	(A) Contribuição para a melhoria do sistema de gestão da Direcção	(B) Contribuição para o aumento do valor do negócio	(C) Contribuição para o aumento da satisfação do cliente	(D) Probabilidade de sucesso	(E) Contribuição para a melhoria do desempenho de outras áreas	
Projecto 1						
Projecto 2						
Etc.						

Nota 1: A pontuação atribuída em cada célula é um valor inteiro compreendido entre 1 e 10.

Nota 2: Quanto maior a pontuação atribuída, na escala referida, mais o projecto avaliado se adequa ao critério.

Nota 3: A pontuação final de cada projecto é calculada multiplicando as pontuações individuais atribuídas.

5.5. Planeamento e realização de projectos Seis Sigma

As cláusulas de requisitos dos principais referenciais normativos de gestão, com aplicabilidade no contexto deste estágio do ciclo de vida dos projectos Seis Sigma, são aqueles que constam do quadro seguinte.

Referenciais de gestão universais						Referenciais de gestão para sectores específicos			Referenciais sobre Seis Sigma	
ISO 9001	ISO 14001	OHSAS 18001	SA 8000	NP 4457	NP 4427	ISO/IEC 17020	ISO/IEC 17024	ISO/IEC 17025	ISO 13053-1	ISO 13053-2
5.4.2	4.3.3	4.3.3	9.5	4.3.2	8.1	7.5	4.4.2	4.2.1	10	
7.3	4.4.6	4.4.6	9.12	4.3.3	8.4	7.8	4.4.3	4.2.7	11	
8.1	4.5.3	4.5.3.2		4.4.1				4.11	12	
8.5				4.5.1				4.12		
				4.5.3						

5.5.1 Actividades de planeamento de um projecto Seis Sigma

O planeamento de cada projecto Seis Sigma seleccionado passa necessariamente pela definição:

- 1) Do líder técnico do projecto Seis Sigma.
- 2) Da equipa multidisciplinar de apoio à realização do projecto Seis Sigma.
- 3) Do âmbito e objectivos do projecto Seis Sigma.
- 4) Dos principais clientes (internos e/ou externos) e partes interessadas.
- 5) Do mapa metodológica a adoptar na realização do projecto Seis Sigma.

Esta informação é indicada na *Declaração de Projecto Seis Sigma*. Os objectivos de cada projecto Seis Sigma são estabelecidos em coerência com os objectivos do sistema de gestão.

O planeamento do projecto Seis Sigma deve ainda incluir:

- O cronograma do projecto, com a programação temporal das principais actividades a decorrerem ao longo do mesmo.
- A matriz RACI preenchida, para o estabelecimento e comunicação de responsabilidades nas actividades do projecto.

5.5.2 Mapas metodológicos para a realização de um projecto Seis Sigma

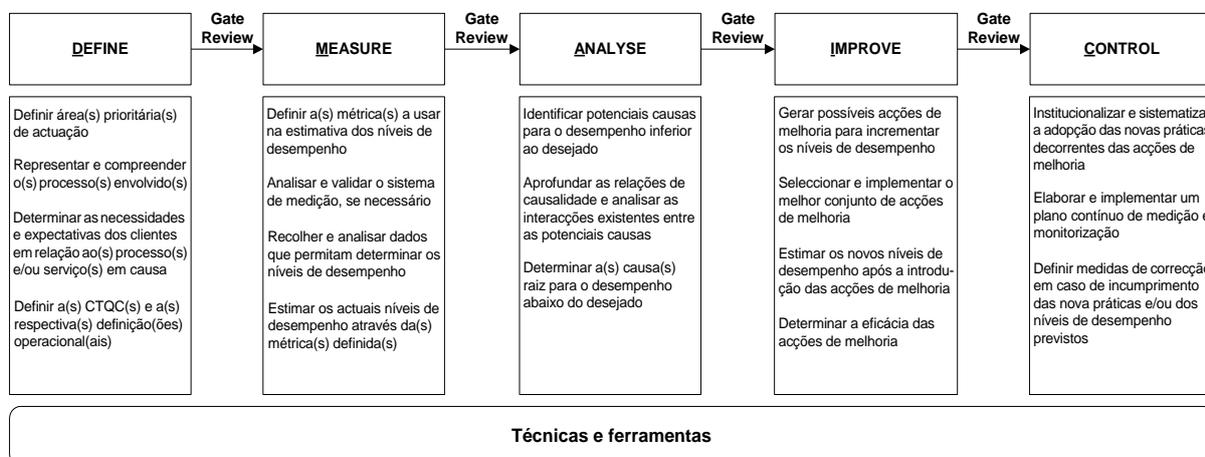
Para a realização de um projecto Seis Sigma, pode ser adoptado um dos mapas metodológicos referidos no seguinte quadro. A âmbito de aplicação de cada mapa encontra-se também descrito.

Mapa metodológico	Âmbito de aplicação
DMAIC	Deve ser usado na realização de projectos Seis Sigma de melhoria contínua, que por isso incidam na melhoria do desempenho e/ou da eficiência de processos existentes, ou no incremento da qualidade de serviços actualmente preatados. Projectos que decorram de acordo com este mapa, derivam habitualmente de oportunidades de melhoria.
DMADV	Deve ser utilizado na realização de projectos Seis Sigma em que ocorra um redesenho profundo de um ou mais processos existentes e/ou uma reconcepção a um ou mais dos serviços actualmente prestados.
IDOV	Deve ser aplicado na realização de projectos Seis Sigma em que esteja em causa o desenho de um novo processo ou conjunto de processos e/ou a concepção e desenvolvimento de um ou mais novo(s) serviço(s).

Principais actividades inerentes ao mapa DMAIC (*Define-Measure-Analyse-Improve-Control*)

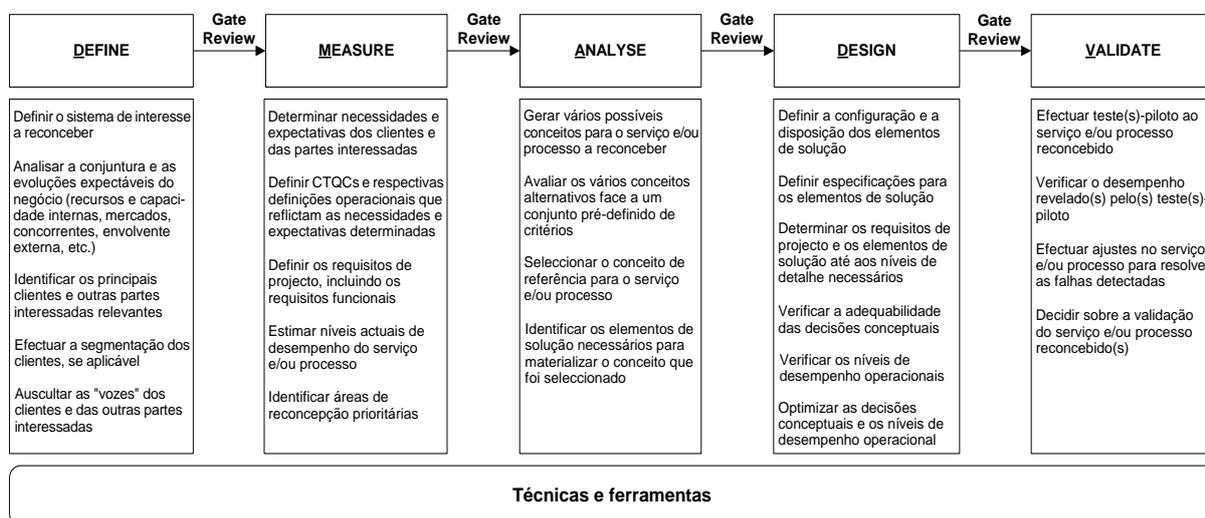
As principais actividades a desenvolver ao longo das cinco fases que contituem o mapa DMAIC encontram-se indicadas na figura seguinte. Entre cada transição de fase ocorre uma revisão formal

do projecto Seis Sigma, ou Gate Review (ver secção 5.5.4). Um conjunto de técnicas e ferramentas são usadas articuladamente, à medida das necessidades específicas de recolha, tratamento, análise e interpretação de dados, ao longo de todo o projecto Seis Sigma (ver secção 5.5.3).



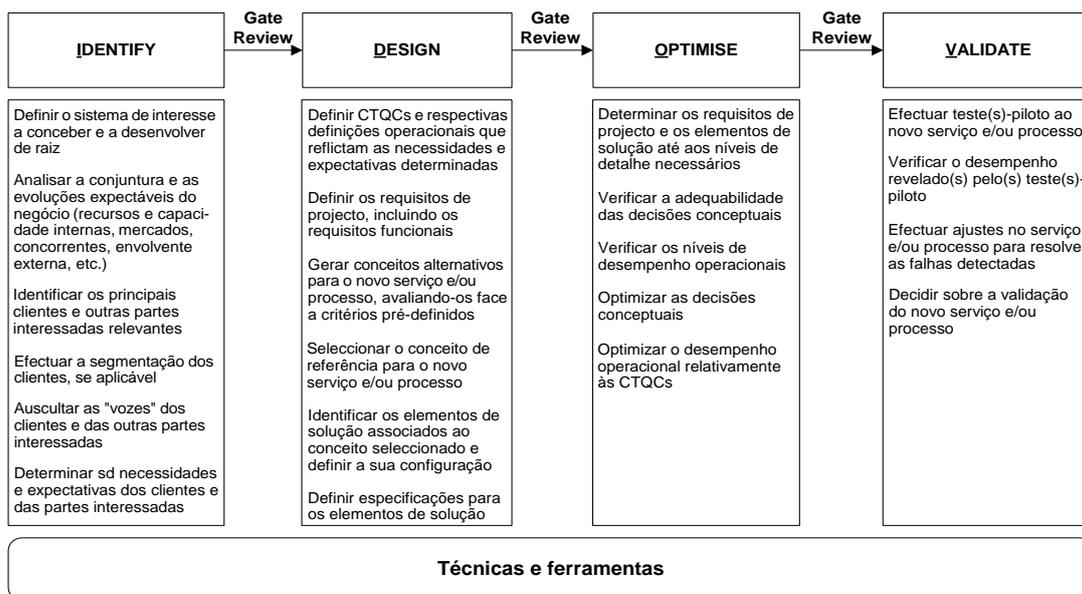
Principais actividades inerentes ao mapa DMADV (*Define-Measure-Analyse-Design-Validate*)

As principais actividades a desenvolver ao longo das cinco fases que contituem o mapa DMADV encontram-se indicadas na figura seguinte. Em cada transição de fase ocorre uma revisão formal do projecto Seis Sigma, ou Gate Review (ver secção 5.5.4). A secção 5.5.3 indica quais as técnicas e ferramentas tipicamente usadas em cada fase, embora tal utilização possa depender das especificidades do projecto Seis Sigma em concreto.



Principais actividades inerentes ao mapa IDOV (*Identify-Design-Optimise-Validate*)

As principais actividades a desenvolver ao longo das cinco fases do mapa IDOV constam da figura seguinte. Em cada transição de fase ocorre uma revisão formal do projecto Seis Sigma, ou Gate Review (ver secção 5.5.4). Um conjunto de técnicas e ferramentas são usadas articuladamente, à medida das especificidades do projecto, ao longo deste mapa metodológico (ver secção 5.5.3).



5.5.3 Utilização articulada de técnicas e ferramentas na realização de um projecto Seis Sigma

Os seguintes dois quadros auxiliam a enquadrar a utilização das técnicas/ferramentas em cada fase dos mapas metodológicos adoptados na realização de projectos Seis Sigma

Técnica / ferramenta	DMAIC	DMADV	IDOV
SIPOC	Define (++) Improve (+)	Define (+) Analyse (+) Design (+)	Identify (+) Design (+)
Diagrama de Pareto	Define (++) Measure (+) Analyse (+) Improve (+)	Define (+) Measure (+)	Identify (+)
Fluxogramas	Define (++) Analyse (+) Improve (+)	Analyse (+) Design (+)	Design (+)
Gráficos de Tendência	Define (+) Measure (+)	Define (+)	Identify (+)
Value Stream Mapping	Define (+) Analyse (+) Improve (+)	Design (+)	Optimise (+)
Entrevistas	Define (+)	Define (++) Validate (+)	Identify (++) Validate (+)
Questionários	Define (+) Measure (+)	Define (+) Measure (++) Validate (+)	Identify (++) Validate (+)
Diagrama de Afinidades	Define (+) Analyse (+)	Measure (++)	Identify (++)
Árvore de CTQCs	Define (++) Measure (+)	Measure (+) Design (+)	
Análise Sistema de Medição (MSA)	Measure (++) Analyse (+) Control (+)	Measure (+) Design (+) Validate (+)	Optimise (+) Validate (+)
Desdobramento da Função Qualidade (QFD)	Define (+)	Measure (++) Design (+)	Design (++) Optimise (+)
Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA)	Analyse (+) Improve (+) Control (+)	Analyse (+) Design (++) Validate (+)	Design (+) Optimise (++) Validate (+)

Chave: (++) Técnica/ferramenta tipicamente utilizada na fase indicada.
(+) Técnica/ferramenta com aplicabilidade na fase indicada.

Técnica / ferramenta	DMAIC	DMADV	IDOV
Benchmarking	Measure (+) Improve (+)	Define (+) Measure (+) Design (+) Validate (+)	Identify (+) Design (+) Optimise (+) Validate (+)
Brainstorming	Analyse (+) Improve (+)	Analyse (++) Design (+)	Design (++) Optimise (+)
Estudos multi-vari	Analyse (+)		
Histograma	Measure (+) Analyse (+) Improve (+) Control (+)	Measure (+) Design (+) Validate (+)	Optimise (+) Validate (+)
Diagrama de Caixas	Measure (+) Analyse (+) Improve (+) Control (+)	Measure (+) Design (+) Validate (+)	Optimise (+) Validate (+)
Modelo de Kano	Define (+)	Measure (++)	Identify (++)
Método de Pugh	Improve (+)	Analyse (++)	Design (++)
Diagrama de Ishikawa	Analyse (++)	Analyse (+)	
Cinco Porquês (5 Whys)	Analyse (+) Improve (+)	Analyse (+)	
Matriz de Causa-Efeito	Analyse (+)		
Diagrama de Correlação/Dispersão	Measure (+) Analyse (+) Improve (+)	Design (+)	Optimise (+)
Análises de Regressão	Analyse (+) Improve (+)	Design (+)	Optimise (+)
Testes de Hipótese	Analyse (+) Improve (+)	Design (+) Validate (+)	Optimise (+) Validate (+)
Análise de Variância (ANOVA)	Analyse (+) Improve (+)	Design (+)	Optimise (+)
5S	Improve (+) Control (+)		
Projecto Axiomático		Analyse (++) Design (++)	Design (++) Optimise (++)
TRIZ	Analyse (+) Improve (+)	Analyse (+) Design (+)	Design (+) Optimise (+)

Chave: (++) Técnica/ferramenta tipicamente utilizada na fase indicada.

(+) Técnica/ferramenta com aplicabilidade na fase indicada.

5.5.4 Revisões intermédias de um projecto Seis Sigma (Gate Reviews)

As revisões intermédias de um projecto Seis Sigma, ou Gate Reviews, são reuniões que ocorrem quando se pretende transitar para a próxima fase do mapa metodológico adoptado. As actividades que aí ocorrem são as seguintes:

- Apresentação, feita pelo líder técnico do projecto (Black Belt e/ou Green Belt), sobre as actividades que foram desenvolvidas, até ao momento, no projecto Seis Sigma e quais os principais resultados e conclusões obtidos.
- Análise integrada aos dados e informações relevantes que foram recolhidos ou obtidos no decurso do projecto
- Reflexão e discussão sobre os resultados e conclusões que o tratamento e análise de dados evidenciaram.
- Análise ao modo como os objectivos estabelecidos para o projecto foram ou estão a conseguir ser alcançados.
- Identificação dos principais obstáculos e dificuldades que circundam a realização do projecto.

As actividades e conclusões que decorram da realização de cada Gate Review, são registadas na *Folha de Revisão Intermédia do Projecto Seis Sigma*. Nomeadamente, na elaboração deste documento, devem indicar-se com clareza se:

- Existe necessidade de efectuar ajustes ou alterações ao plano de projecto, sendo que, em caso afirmativo, devem especificar-se que ajustes ou alterações são esses.
- Há necessidade de reafectar meios e recursos ao projecto, sendo que, em caso afirmativo, que meios ou recursos são esses.
- O projecto pode avançar para a próxima fase ou se, antes que isso aconteça, é necessário recolher e analisar outros dados, reavaliar dados disponíveis e/ou desenvolver novas actividades até que os resultados sejam mais conclusivos.

Na revisão intermédia devem participar:

- O Champion do programa Seis Sigma, ou um representante da área QAS.
- O Sponsor do projecto Seis Sigma.
- O líder técnico do projecto (Black Belt e/ou Green Belt),
- Pelo menos um membro da equipa de projecto.

5.6. Pós-projecto Seis Sigma

No final de cada projecto, o respectivo líder técnico procede à elaboração do *Relatório de projecto Seis Sigma*. Quando estiver elaborado, e após ser aprovado pelo Champion, este relatório é arquivado pelo QAS, sendo distribuída uma cópia do mesmo pelas Direcções do ISQ envolvidas no programa Seis Sigma.

No prazo de 6 meses a 1 ano, após o seu encerramento, é agendada uma auditoria de conformidade ao projecto Seis Sigma, com o objectivo de aferir sobre o efectiva e sistemático cumprimento das práticas e dos procedimentos definidos na sequência da realização do projecto. A programação, planeamento e realização desta auditoria procedem-se de acordo com as regras definidas no procedimento funcional do ISQ sobre *Auditorias Internas*.

6 – Responsabilidades

6.1. Conselho de Administração

- Definir e comunicar a Estratégia e Objectivos Estratégicos do ISQ.
- Elaborar e comunicar a(s) Política(s) do sistema de gestão do ISQ e dos subsistemas de gestão das suas. Direcções.
- Aprovar os projectos Seis Sigma seleccionados pelo QAS.

6.2. Director da área de “Qualidade, Ambiente e Segurança” QAS / Champion

- Coordenar o programa Seis Sigma e assegurar a sua articulação com o sistema integrado de gestão do ISQ.

- Identificar e priorizar potenciais projectos Seis Sigma transversais ao ISQ.
- Seleccionar os potenciais projectos Seis Sigma com maior interesse para o ISQ.
- Participar, ou delegar essa participação num membro da área QAS, nas revisões intermédias dos projectos Seis Sigma.

6.3. Directores do ISQ / Sponsors

- Identificar e priorizar potenciais projectos Seis Sigma, que permitam concretizar oportunidades de melhoria e/ou inovação para a sua Direcção.
- Propor à área de QAS os potenciais projectos Seis Sigma com maior interesse para a Direcção.
- Apoiar o planeamento, realização e encerramento bem sucedido de projectos Seis Sigma que decorram na sua Direcção.
- Participar nas revisões intermédias dos projectos Seis Sigma que decorram na sua Direcção.

6.4. Black Belt

- Liderar tecnicamente os projectos Seis Sigma que tenham um âmbito transversal à organização.
- Liderar tecnicamente os projectos Seis Sigma que decorram de acordo com a abordagem de DFSS, isto é, adoptem os mapas metodológicos DMADV ou IDOV.
- Coordenar tecnicamente os Green Belt nos projectos Seis Sigma, que adoptem o mapa metodológico DMAIC, que decorram nas Direcções a que se encontrem afectos.
- Efectuar a apresentação das actividades, resultados e conclusões do projecto Seis Sigma que lidera tecnicamente aquando em cada Gate Review desse projecto.

6.5. Green Belt

- Liderar tecnicamente os projectos Seis Sigma, que utilizem o mapa metodológico DMAIC, na sua Direcção, sob coordenação do Black Belt.
- Efectuar a apresentação das actividades, resultados e conclusões do projecto Seis Sigma que lidera tecnicamente aquando em cada Gate Review desse projecto.

6.6. Membros da equipa de projecto Seis Sigma

- Cumprir integralmente os seus papéis e responsabilidades no seio do projecto Seis Sigma.
- No mínimo, um membro da equipa de projecto participa nas Gate Reviews.

7 – Impressos / Registos

DESIGNAÇÃO	CÓDIGO DO MODELO	ARQUIVO	
		Responsável original / cópias	Tempo mínimo
<i>Portefólio de potenciais projectos Seis Sigma (da cada uma das Direcções)</i>		Direcção / QAS	3 anos
<i>Portefólio de potenciais projectos Seis Sigma (da área de QAS)</i>		QAS / QAS	3 anos
<i>Declaração de Projecto Seis Sigma</i>		BB / QAS e Sponsor	5 anos
Matrizes de avaliação de projectos Seis Sigma da Direcção		Direcção / QAS	3 anos
Matrizes de avaliação de projectos Seis Sigma		QAS	3 anos
Templates de técnicas/ferramentas do Seis Sigma		BB	3 anos
Relatório de Projecto Seis Sigma		BB / QAS e Sponsor	5 anos

Apêndice XVI

Proposta para a “Declaração de Projecto Seis Sigma”

Apêndice XVI. Proposta para a “Declaração de Projecto Seis Sigma”

Título do projecto			
Tipo de projecto Seis Sigma		DMAIC <input type="checkbox"/> DFSS <input type="checkbox"/>	
	Nome	Divisão/Departamento	Contacto
<i>Sponsor</i>			
<i>Champion</i>			
<i>Master Black Belt</i>			
<i>Black Belt</i>			
<i>Green Belt</i>			
	Nome	Divisão/Departamento	Título/função
Membros da equipa			
	Nome	Principais necessidades e expectativas	
Partes interessadas no projecto			
Missão do projecto			
Descrição do problema (DMAIC) ou oportunidade (DFSS)			
Âmbito do projecto			
Importância do projecto			
Principais objectivos do projecto			
Principais recursos necessários			
Data prevista para o início do projecto		Data prevista para a conclusão do projecto	
Data de elaboração	Revisão nº	Assinatura do <i>sponsor</i> do projecto	
Aprovação do <i>Champion</i>		Data	

Apêndice XVII

Estado da arte do DFSS relativamente às dimensões “morfologia”, “maturidade” e “variedade”

Apêndice XVII. Estado da arte do DFSS relativamente às dimensões “morfologia”, “maturidade” e “variedade”

Quadro XVII.1 – Estado da arte das metodologias de DFSS relativamente à dimensão “morfologia”.

Referência	Abordagem metodológica de DFSS adoptada	Técnicas e ferramentas usadas
Tennant (2002)	Adopta o mapa DCCDI para qualquer tipo de morfologia. Considera que a melhor abordagem é a de perspectivar o sistema de interesse como uma entidade, mais ou menos tangível, que pode ser a união holística entre um produto e um serviço. Contempla também a inovação de processos produtivos e transaccionais.	Não diferencia a aplicação das técnicas e ferramentas propostas, relativamente ao tipo ou morfologia do sistema de interesse.
Creveling <i>et al.</i> (2003)	Propõe o mapa I ² DOV para o desenvolvimento de tecnologia, e o mapa CDOV para o de produtos. Não abrange situações de C&D de serviços, nem de processos.	A maioria das técnicas e ferramentas são usadas nos dois mapas. Outras, são predominantemente usadas no I ² DOV (e.g. técnicas de modularização) ou no CDOV (e.g. CPM).
Yang e El-Haik (2003)	Mapa ICOV aplicável a produtos, serviços e processos. Incide mais, todavia, na C&D de bens tangíveis e seus processos produtivos. Inclui algumas linhas de orientação que facilita a aplicação aos serviços. Os autores, em Yang (2005a) e El-Haik e Roy (2005), propõem metodologias de DFSS para os serviços.	Enquadrada e diferencia a aplicabilidade de algumas das técnicas usadas ao longo da metodologia (e.g. DFMEA, DFx, Projecto Axiomático), consoante o sistema de interesse seja um produto, serviço e/ou processo
Ginn e Varner (2004)	Metodologia, baseada no mapa DMADV, pretende ser aplicável a produtos, serviços e processos. Os autores consideram que a distinção entre produto e serviço é difícil de fazer, pois uma entidade é, muitas vezes, um misto dos dois.	O conjunto de técnicas e ferramentas que suportam a metodologia é o mesmo, qualquer que seja o tipo de sistema de interesse. Os autores clarificam que, na aplicação de algumas delas técnicas, é necessário ter em conta a morfologia do sistema de interesse, apresentando linhas de orientação para tal.
Gitlow <i>et al.</i> (2006)	Metodologia, baseada no mapa DMADV, incide principalmente no desenvolvimento de serviços, mas a linguagem apresentada é universal, pelo que pode ser aplicada a outros contextos.	Dado que, na maior parte das vezes, o produto do serviço ocorre em simultâneo com o processo de prestação desse serviço, a metodologia propõe o uso de ferramentas <i>Lean</i> . São também propostos instrumentos de Análise do Valor, com vista a melhorar as decisões conceptuais para o serviço.
Jugulum e Samuel (2008)	Enquadra a aplicação de projectos de DFSS em torno de três tipos de inovação: (1) produtos e serviços; (2) processos; (3) modelos de negócio. A metodologia proposta, baseada no mapa DMADV, visa adaptar-se aos três tipos.	Não particulariza técnicas ou ferramentas para cada um dos três tipos de inovação referidos, mas exemplifica a aplicabilidade da teoria de Projecto Axiomático para diferentes morfologias de sistema.
Lunau <i>et al.</i> (2009)	Metodologia, baseada no mapa DMADV, pretende ser aplicável a produtos, serviços e processos. Não diferenciam produto e serviço, pois a entidade a conceber e desenvolver contém, muitas vezes, ambas as vertentes.	A grande maioria das técnicas e ferramentas sugeridas na metodologia não é enquadrada em nenhum tipo particular de sistema de interesse. Uma das excepções prende-se com a aplicação das técnicas DFx.
Urdhwareshe (2011)	Metodologia enquadrada no desenvolvimento de tecnologia, produtos, serviços e processos. É proposto um único mapa, o DMADV, mas também considera os mapas propostos por Creveling <i>et al.</i> (2003).	Não distingue a aplicabilidade das técnicas e ferramentas em função da morfologia do sistema de interesse.

Quadro XVII.2 – Estado da arte das metodologias de DFSS relativamente à dimensão “maturidade”.

Referência	Abordagem metodológica de DFSS adoptada	Técnicas e ferramentas usadas
Tennant (2002)	A metodologia de DFSS através do mapa DCCDI só é aplicável ao desenvolvimento de novos produtos, serviços e/ou processos. Quando a inovação é incremental, havendo lugar à reconcepção dos sistema de interesse, o autor sugere que o DFSS, numa versão mais simplificada, seja realizado no seio da fase “ <i>Improve</i> ” do mapa DMAIC.	O leque de técnicas e ferramentas sugerido para apoiar execução do mapa DCCDI, é o mesmo para qualquer grau de inovação não incremental.
Creveling <i>et al.</i> (2003)	Considera cinco tipos de inovação (A, B, C, D e E). Os projectos tipo A (novo produto e novo mercado), B (produto existente, novo mercado) e C (novo produto, mercado existente) correspondem a projectos DFSS. Os projectos tipo D e E (mercado e produto existentes) têm uma natureza de melhoria incremental e são executados de acordo o mapa DMAIC.	A metodologia, proposta pelos autores, não diferencia a utilização de técnicas e ferramentas, consoante o nível de inovação inerente ao projecto de DFSS.
Yang e El-Haik (2003)	A metodologia prevê dois tipos de projectos de DFSS, usando o mesmo mapa ICOV. Os projectos de DFSS tipo 1 têm o objectivo de proceder à reconcepção de um produto, serviço ou processo existente (inovação incremental). Os projectos de DFSS tipo 2 visam conceber e desenvolver de raiz uma entidade não existente (inovação radical).	Os projectos de DFSS de tipo 2 requerem um maior esforço conceptual e criativo, pelo que a metodologia propõe a utilização mais intensiva de técnicas e ferramentas da criatividade (e.g. TRIZ) e conceptuais (e.g. Projecto Axiomático), comparativamente com o que sucede nos projectos de tipo 1.
Ginn e Varner (2004)	A metodologia proposta está orientada para dois tipos de projecto de DFSS, que usam o mapa DMADV: (1) C&D de novos produtos, serviços e/ou processos; (2) reconcepção ou melhoria substancial do desempenho de produtos, serviços e/ou processos existentes.	Ao longo da descrição da metodologia, os autores indicam algumas linhas de orientação para adaptar a utilização de algumas das técnicas e ferramentas propostas ao nível de inovação associado ao projecto de DFSS.
Gitlow <i>et al.</i> (2006)	Metodologia, baseada no DMADV, é aplicada em projectos de DFSS que podem visar a C&D de novos serviços, ou a modificação conceptual dos existentes.	Não particulariza a aplicabilidade das técnicas e ferramentas, sugeridas na metodologia, em função do nível de inovação associado ao projectos de DFSS.
Jugulum e Samuel (2008)	A metodologia, assente no mapa DMADV, prevê três graus de inovação em que podem ser realizados projectos de DFSS: (1) Ruptura; (2) Significativa; (3) Incremental.	Não particulariza técnicas ou ferramentas para cada um dos três níveis de inovação referidos.
Lunau <i>et al.</i> (2009)	Metodologia, baseada no mapa DMADV, pretende que possa ser usada em três níveis de inovação: (1) Ruptura; (2) Intermédia; (3) Incremental.	Sublinha que as técnicas e ferramentas usadas na metodologia, consoante o nível de inovação associado ao projecto de DFSS, devem ser adaptadas a essa situação. Ao longo da metodologia são fornecidas algumas linhas de orientação para esse propósito.
Urdhwareshe (2011)	Metodologia proposta é enquadrada como podendo ser aplicada ao desenvolvimento de novos produtos ou à reconcepção de produtos existentes.	É referido que técnicas de estímulo à criatividade, como a TRIZ, têm maior aplicabilidade na C&D de novos produtos do que na reconcepção dos existentes.

Quadro XVII.3 – Estado da arte das metodologias de DFSS relativamente à dimensão “variedade”.

Referência	Abordagem metodológica de DFSS adoptada	Técnicas e ferramentas usadas
Tennant (2002)	Reconhece a importância de se identificarem semelhanças e diferenças entre as necessidades e expectativas de diferentes segmentos de clientes, o que pode conduzir à criação de variantes de uma mesma família de produtos ou serviços; nesse caso, é indicado que devem minimizar-se as diferenças conceptuais entre essas variantes. Indica também que se deve planear as futuras gerações do produto ou serviço a desenvolver.	Não sugere técnicas ou ferramentas para lidar com projectos de DFSS, em que se pretenda desenvolver uma nova família de produtos, constituída por diferentes variantes. Propõe a utilização de uma técnica chamada “plano multigeracional”, que permite traçar e objectivar a(s) próxima(s) gerações de um dado produto/serviço, pelo que toda o processo de C&D deve ter em linha de conta essa tendência evolutiva.
Creveling et al. (2003)	O mapa I ² DOV fornece algumas linhas de orientação para o desenvolvimento de plataformas tecnológicas, a partir das quais poderão derivar múltiplas variantes de produto, aquando da execução de projectos de DFSS que decorram de acordo com o mapa DCOV. Refere ainda a importância de planear futuras gerações da tecnologia e/ou do(s) produto(s)	A metodologia sugere, genericamente, a utilização de técnicas de apoio à C&D de plataformas e à modularização dos sistema, para facilitar a derivação de variantes; esta sugestão não é acompanhada do detalhe de como tal pode ser feito. Para acomodar o planeamento de futuras gerações da tecnologia e/ou do(s) produto(s), é sugerido a aplicação do plano multigeracional.
Yang e El-Haik (2003)	É reconhecido que pode haver heterogeneidade nas necessidades e expectativas de diferentes grupos de clientes, que poderá conduzir a diferentes produtos ou a variantes de um produto. Também reconhece a relevância de perspectivar a evolução dos requisitos funcionais para o produto no futuro.	Sugere a aplicação da abordagem <i>Design for Variety</i> , quando em causa está o desenvolvimento de uma família de produtos. Sugere também a construção de uma Casa da Qualidade para cada segmento de mercado. Propõe a utilização de um plano geracional como forma de antecipar requisitos e níveis de desempenho em futuras gerações de um produto, serviço ou processo.
Ginn e Varner (2004)	Coloca um enfoque na importância de identificar diferenças entre as necessidades e expectativas manifestadas por diferentes grupos ou segmentos de clientes, para, a partir daí, delinear uma estratégia para o desenvolvimento dos produtos. Após a determinação das CTQCs, a metodologia não indica formas de lidar com a C&D de diferentes variantes de um produto/serviço.	Fornecer métodos e linhas de orientação para proceder à segmentação dos clientes, atendendo a diferenças nas suas necessidades e expectativas. Na conversão de necessidades para CTQCs, propõe a utilização de uma Casa da Qualidade para cada segmento de clientes, quando houver grandes diferenças de necessidades e expectativas entre eles.
Gitlow et al. (2006)	Sugere mecanismos para, ao longo da aplicação da metodologia de DFSS, lidar com a heterogeneidade dos requisitos entre diferentes grupos de clientes. Também entra em consideração a necessidade de ponderar as decisões conceptuais para o serviço, atendendo aos requisitos perspectivados para futuras gerações dos serviços.	Sugere técnicas para proceder à segmentação dos clientes e identificar diferenças nos seus requisitos, ou na importância atribuída a estes, relativamente ao serviço. Adapta algumas técnicas (e.g. QFD, desdobramento de CTQCs) para acomodar essa variedade de requisitos/necessidades dos clientes. Adopta o plano multigeracional como forma de assegurar que as decisões conceptuais têm em conta as futuras gerações do serviço.

Quadro XVII.3 – Estado da arte das metodologias de DFSS relativamente à dimensão “variedade”.
(*continuação*)

Referência	Abordagem metodológica de DFSS adoptada	Técnicas e ferramentas usadas
Jugulum e Samuel (2008)	A abordagem de <i>Lean Design</i> , incorporada na metodologia de DFSS, fornece um conjunto de princípios que ajudam na tomada de decisões relativamente à modularização do sistema de interesse, que pode facilitar a sua configuração em diferentes variantes, de modo a garantir um maior grau de personalização.	Sugere a utilização de técnicas que facilitem as decisões relativamente à modularização da arquitectura do sistemas de interesse; contudo, não especifica nenhuma técnica em particular.
Lunau <i>et al.</i> (2009)	A metodologia aborda a temática da variedade a nível da flexibilidade dos processos para produzirem, eficientemente, diferentes produtos e/ou variantes de uma mesma família de produtos. Também acomoda situações de variedade geracional, relativas à evolução dos requisitos a satisfazer por determinado produto, serviço e/ou processo.	Indica algumas técnicas <i>Lean</i> (e.g. SMED) para aumentar a flexibilidade e eficiência dos processos quando for necessário produzir diversos produtos, ou variantes de uma mesma família de produtos. Propõe a utilização da plano multigeracional para programar as decisões conceptuais, ao longo do projecto de DFSS, tendo em conta os requisitos expectáveis para as futuras gerações do sistema de interesse.
Urdhwareshe (2011)	Metodologia proposta não prevê qualquer situação relacionada com a dimensão variedade.	Não propõe técnicas ou ferramentas para lidar com projectos de DFSS que envolvem situações de variedade.

Apêndice XVIII

Enquadramento de vários exemplos de aspectos ambientais nos 7 factores de desperdício da abordagem *Lean Management*

Apêndice XVIII. Enquadramento de vários exemplos de aspectos ambientais nos 7 factores de desperdício da abordagem *Lean Management*

Quadro XVIII.1 – Exemplos de impactos ambientais causados pelos factores de desperdício mencionados pela abordagem *Lean* (adaptado de: EPA, 2009).

Factor de desperdício <i>Lean</i>	Aspectos ambientais com impacto ambiental
Produção em excesso (<i>produzir mais que o necessário, mais rápido que o necessário e antes que o necessário</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Maior consumo de matérias-primas, energia e outros recursos produtivos, aumentando o consumo de recursos naturais e a pegada ecológica dos processos. • Produtos que não sejam alvo de procura podem deteriorar-se ou tornarem-se obsoletos, em virtude de não serem utilizados ou consumidos durante o seu tempo útil de vida, que contribuirão para aumentar a quantidade de resíduos produzidos. • Maiores níveis de poluição e resíduos produzidos/emitidos, em resultado das operações produtivas, sendo o impacto ambiental mais significativo no caso de resíduos perigosos. • Produção excessiva de materiais perigosos aumenta os níveis de exposição, por parte de colaboradores e outras pessoas, a esses materiais perigosos.
Inventários (<i>armazenamento desnecessário de materiais, produtos e/ou informação, que ocorra no início, ao longo ou no final de um processo</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Maior necessidade de recorrer a embalagem e a outros recursos para acomodar e armazenar <i>stocks</i> intermédios, ao longo dos processos, o que conduz ao aumento dos recursos naturais consumidos e da pegada ecológica desses processos. • Consumo desnecessário de energia, resultante da necessidade de manter as condições ambientais de acondicionamento (de temperatura, humidade, entre outras) necessárias à preservação dos bens armazenados. • Maior consumo de recursos produtivos e mais resíduos gerados para produzir de novo, ou para reparar, os bens que se danificaram ou deterioraram durante o armazenamento, o que fará aumentar o consumo de recursos naturais e o valor da pegada ecológica.
Defeitos (<i>produção de um bem e/ou serviço que não cumpra os requisitos especificados</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Matérias-primas, energia e outros recursos produtivos consumidos em vão, em resultado da produção de bens não conformes, fazendo aumentar o consumo de recursos naturais e o valor da pegada ecológica desses bens. • Produção/emissão adicional de resíduos resultantes das actividades de retrabalho com artigos defeituosos. • Produção adicional de resíduos resultantes da remoção de artigos defeituosos. • Maior consumo de energia e de outros recursos produtivos com actividades de retrabalho com artigos defeituosos, fazendo aumentar o consumo de recursos naturais e o valor da pegada ecológica dos bens produzidos.
Transporte (<i>movimentação excessiva de materiais, produtos e/ou informação</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Maior consumo de energia com o aumento das necessidades de transporte, causando em maior consumo de recursos naturais e do valor da pegada ecológica. • Maior emissão de resíduos poluentes com o aumento das necessidades de transporte, causando o aumento da poluição. • Maior gasto com energia para manter as condições ambientais de acondicionamento (temperatura, humidade, entre outras) necessárias à preservação dos bens transportados, à medida que as necessidades de transporte aumentam, causando um maior consumo de recursos naturais e do valor da pegada ecológica desses bens.

Quadro XVIII.1 – Exemplos de impactos ambientais causados pelos factores de desperdício mencionados pela abordagem *Lean* (adaptado de: EPA, 2009). (*continuação*)

Factor de desperdício <i>Lean</i>	Aspectos ambientais com impacto ambiental
Transporte (<i>movimentação excessiva de materiais, produtos e/ou informação</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Maior utilização de recursos relacionados com o embalamento e acondicionamento dos bens transportados, à medida que as necessidades de transporte aumentam, conduzindo a um aumento do consumo de recursos naturais e do valor da pegada ecológica desses bens. • Uma maior necessidade de transporte de cargas perigosas aumenta o risco de poluição e de outros impactos significativos no ambiente. • Maior risco de deterioração/danificação dos bens transportados, com a consequente produção de resíduos (devido à remoção da cadeia de valor dos bens deteriorados/danificados) e/ou o consumo de recursos naturais adicionais (devido à produção de bens que substituam aqueles que se deterioraram/danificaram).
Movimentação (<i>circulação desnecessária ou esforço excessivo de pessoas</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Maior risco de deterioração/danificação dos bens manuseados, com a consequente produção de resíduos (devido à remoção da cadeia de valor dos bens deteriorados/danificados) e/ou o consumo de recursos naturais adicionais (devido à produção de bens que substituam aqueles que se deterioraram/danificaram). • Maior necessidade de movimentação de cargas perigosas aumenta o risco de derrames e de contaminação ambiental. • Maior necessidade de movimentação de cargas perigosas aumenta o tempo de exposição dos colaboradores a materiais perigosos.
Sobreprocessamento (<i>incorporação desnecessária de valor em bens ou serviços, face àquilo que os clientes querem ou estão dispostos a pagar</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Maior quantidade de material consumido por unidade produzida, o que conduz a uma maior utilização de recursos naturais e ao aumento do valor da pegada ecológica do produto. • Processamento desnecessário aumenta o consumo de energia e a utilização de outros recursos produtivos, levando ao aumento da produção de resíduos e da emissão de poluentes.
Espera (<i>qualquer atraso que ocorra entre uma actividade/tarefa e a actividade/tarefa seguinte</i>).	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento do risco de deterioração/danificação dos materiais, produtos e/ou dados/informação em espera, o que pode implicar a sua remoção e consequente produção desnecessária de resíduos. • Desperdício de energia decorrente de manter as condições ambientais (temperatura, humidade, entre outras) para preservar a qualidade de bens perecíveis, o que implica o consumo de recursos naturais desnecessariamente.

Apêndice XIX

Variety House of Quality (VHoQ)

Apêndice XIX. Variety House of Quality (VHoQ)

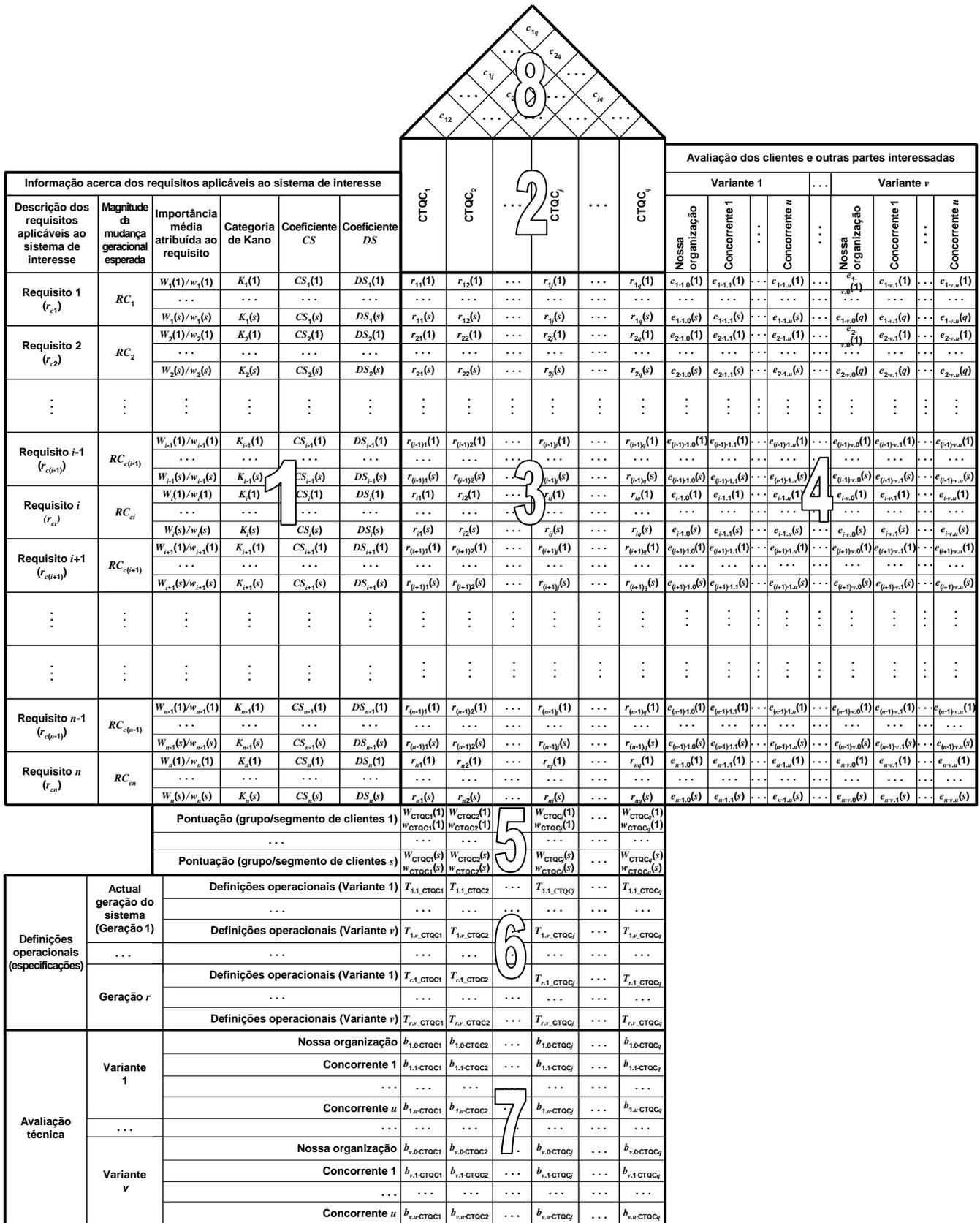


Figura XIX.1 – Estrutura da VHoQ.

Quadro XIX.1 – Simbologia utilizada nas células das matrizes da VHoQ.

Quarto	Designação	Símbolo	Significado
1	Requisitos aplicáveis ao sistema de interesse	r_{ci}	Descrição do i -ésimo requisito aplicável ao sistema de interesse.
		RC_i	Magnitude das mudanças esperadas, no futuro, para o i -ésimo requisito, em virtude da evolução das necessidades dos clientes e/ou de outros factores relevantes do mercado (este atributo da VHoQ está relacionado com a variedade geracional).
		$W_i(k)$	Importância média absoluta da importância atribuída, pelo grupo/segmento de clientes S_k , ao i -ésimo requisito.
		$w_i(k)$	Importância média relativa, atribuída pelo grupo/segmento de clientes S_k , ao i -ésimo requisito.
		$K_i(k)$	Categoria do modelo de Kano em que se insere o i -ésimo requisito, para o grupo/segmento de clientes S_k .
		$CS_i(k)$	Valor do coeficiente de satisfação CS do i -ésimo requisito, para o grupo/segmento de clientes S_k .
2	Características críticas para a qualidade	$DS_i(k)$	Valor do coeficiente de insatisfação DS do i -ésimo requisito, para o grupo/segmento de clientes S_k .
		$CTQC_j$	Descrição da j -ésima CTQC.
3	Matriz de relações	$r_{ij}(k)$	Intensidade da relação entre o i -ésimo requisito aplicável ao sistema de interesse e a j -ésima CTQC, quando é considerado o grupo/segmento de clientes S_k .
4	Avaliação por parte dos grupos/segmentos de clientes	$e_{i,h,0}(k)$	Nível de desempenho percebido pelo grupo/segmento de clientes S_k , relativamente ao modo como a actual versão do sistema de interesse disponibilizado pela nossa organização, considerando a variante V_h , consegue satisfazer o i -ésimo requisito.
		$e_{i,h,g}(k)$	Nível de desempenho percebido pelo grupo/segmento de clientes S_k , relativamente ao modo como a actual versão do sistema de interesse disponibilizado pelo concorrente U_g , considerando a variante V_h , consegue satisfazer o i -ésimo requisito.
5	Pontuação final das CTQCs	$W_{CTQC_j}(k)$	Valor absoluto da pontuação obtida para a j -ésima CTQC, quando considerado o grupo/segmento de clientes S_k .
		$w_{CTQC_j}(k)$	Valor relativo da pontuação obtida para a j -ésima CTQC, quando considerado o grupo/segmento de clientes S_k .
6	Definições operacionais (especificações)	$T_{h,L,CTQC_j}$	Definição operacional para a j -ésima CTQC, quando considerada a geração G_f , da variante V_h , do sistema de interesse.
7	Avaliação técnica	$b_{h,0,CTQC_j}$	Nível de desempenho técnico da actual versão do sistema de interesse disponibilizado pela nossa organização, considerando a variante V_h , relativamente ao cumprimento das definições operacionais da j -ésima CTQC.
		$b_{h,g,CTQC_j}$	Nível de desempenho técnico da actual versão do sistema de interesse disponibilizado pelo concorrente U_g , considerando a variante V_h , relativamente ao cumprimento das definições operacionais da j -ésima CTQC.
8	Matriz de correlações entre as CTQCs	$c_{jj'}$	Correlação entre a $CTQC_j$ e $CTQC_{j'}$.

Notas adicionais acerca da simbologia usada na VHoQ:

- $R_C = \{r_{c1}, r_{c2}, \dots, r_{ci}, \dots, r_{cn}\}$ representa o conjunto de n requisitos aplicáveis ao sistema de interesse.
- $S = \{S_1, S_2, \dots, S_k, \dots, S_s\}$ representa o conjunto de s grupos/segmentos de clientes, considerados suficientemente heterogéneos para merecerem uma análise separada. Se essa heterogeneidade estiver ausente, então $s=1$.
- O valor médio da importância absoluta, atribuído ao i -ésimo requisito por um determinado grupo/segmento de clientes S_k , é normalmente obtido a partir de questionários, em que cada cliente desse grupo/segmento atribui um valor inteiro, contido numa escala intervalar linear numérica, indicativo da importância por si atribuída. Embora aqui se adopte uma escala contendo 9 pontos, é possível utilizar-se um número diferente de pontos nesta escala se assim se entender.
- A coluna contendo a “magnitude da mudança geracional esperada”, é uma estimativa qualitativa sobre o modo como é expectável que o i -ésimo requisito sofra alterações futuras, devido à presença de factores evolutivos fortes, podendo provocar assim a necessidade de criar futuras gerações do sistema de interesse. Essa magnitude de mudança pode ser elevada ($RC_i = H = \text{High}$), média ($RC_i = M = \text{Medium}$) ou baixa ($RC_i = L = \text{Low}$). Se a variedade geracional não for considerada, esta coluna não é preenchida.
- A escala para a pontuação a utilizar no preenchimento da matriz de relações, é a mesma daquela usada na Casa da Qualidade convencional: 9 para a uma relação forte, 3 para uma relação média, 1 para uma relação fraca.
- $R_{CTQC} = \{CTQC_1, CTQC_2, \dots, CTQC_j, \dots, CTQC_q\}$ representa o conjunto inicial de q de características críticas para a qualidade, antes de se proceder à sua prioritização. Após a prioritização, haverá um conjunto final de p (*em que* $p \leq q$) características críticas para a qualidade, representado por $R_{CTQC} = \{CTQC_1, CTQC_2, \dots, CTQC_j, \dots, CTQC_p\}$.
- $U_C = \{U_1, U_2, \dots, U_m, \dots, U_u\}$ representa o conjunto de u concorrentes *best-in-class* que servem de base comparativa com a nossa organização.
- $V = \{V_1, V_2, \dots, V_h, \dots, V_v\}$ representa o conjunto de v variantes do sistema de interesse previstas. Quando a variedade espacial estiver ausente, então $v=1$.
- $G = \{G_1, G_2, \dots, G_f, \dots, G_r\}$ representa o conjunto de r gerações do sistema de interesse consideradas no projecto. Se a variedade geracional estiver ausente, então $r=1$.
- Se a variedade temporal estiver presente, poderá haver múltiplas definições operacionais associadas uma mesma $CTQC_j$.
- Se o nível de inovação for do tipo radical, pelo facto de poder não haver termo de comparação, poderá não ser possível efectuar avaliações comparativas nos quartos 4 e 7.
- A notação a adoptar no preenchimento da matriz de correlações (quarto 8) deve ser aquela que é normalmente utilizada na Casa da Qualidade convencional.

Apêndice XX

Anexos referentes ao caso de aplicação na TNT Express Portugal

Apêndice XX. Anexos referentes ao caso de aplicação na TNT Express Portugal

XX.1. Principais prémios, reconhecimentos e iniciativas da TNT Portugal

A jornada constante no caminho da qualidade e excelência da TNT Portugal, tem resultado em inúmero prémios e galardões, a nível nacional e internacional. Entre outros, destacam-se os seguintes:

- Galardão da Qualidade, no âmbito do PEX-SPQ (2001).
- Prémio “Melhor atendimento telefónico” – Teleperformance (2002).
- Melhor empresa do sector de transporte e distribuição num universo das 500 melhores e maiores empresas em Portugal, reconhecimento feito pela revista Exame (2003).
- Prémio Nacional de Excelência 2004 (Troféu de Ouro), Modelo EFQM (2004).
- Prémio Cidadania das Empresas e Organizações (AESE/PricewaterhouseCoopers) (2006).
- Melhor *Call Center* para trabalhar em Portugal (Great Place to Work) (2009).
- Prémio Excelência no Trabalho 2010/2011 – TNT Portugal empresa de excelência no seu sector (2010).

Consciente do seu papel na contribuição para um mundo melhor, a TNT promove variadas actividades relacionadas com a sua responsabilidade social, sendo que neste domínio se destaca o evento “Marcha Mundial contra a Fome” (“*Walk the World*”), organizado com o objectivo de ajudar o Programa Alimentar das Nações Unidas na luta contra a fome infantil.

XX.2. Portefólio de serviços prestados pela TNT Portugal

Indicam-se de seguida as soluções de transporte normalizadas, disponibilizadas pela TNT Portugal:

- Serviços expresso de dia seguinte (doméstico).
 - *Serviço Premium 09:00 Doméstico Express*. Recolha até à hora de fecho, entrega até às 9 horas do dia seguinte.
 - *Serviço Premium 10:00 Doméstico Express*. Recolha até à hora de fecho, entrega até às 10 horas do dia seguinte.
 - *Serviço Premium 12:00 Doméstico Express*. Recolha até à hora de fecho, entrega até às 9 horas do dia seguinte.
 - *Serviço Doméstico Express*. Recolha até à hora de fecho, entrega no dia seguinte.
- Serviços expresso de dia seguinte (internacional).
 - *Serviço Premium 09:00 Internacional Express*. Recolha em Portugal até à hora de fecho, entrega garantida num país europeu até às 9 horas do dia seguinte.
 - *Serviço Premium 10:00 Internacional Express*. Recolha em Portugal até à hora de fecho, entrega garantida num país europeu até às 10 horas do dia seguinte.
 - *Serviço Premium 12:00 Internacional Express*. Recolha em Portugal até à hora de fecho, entrega garantida num país europeu até às 12 horas do dia seguinte.
 - *Serviço Internacional Express*. Recolha em Portugal até à hora de fecho, entrega garantida no dia seguinte num país de destino coberto pela rede (*network*) da TNT.

- Serviços expresso com dia definido.
 - *Serviço 12:00 Economy Express*. Recolha em Portugal até à hora do fecho, entrega até às 12 horas do dia definido (2 a 5 dias após a recolha, consoante o país de destino).
 - *Serviço Economy Express*. Recolha em Portugal até à hora do fecho, entrega no dia definido (2 a 5 dias após a recolha, consoante o país de destino).

Os serviços de transporte normalizados têm restrições relativamente ao tipo de carga transportada, ao peso e dimensões de cada encomenda, ao peso máximo de cada pacote da encomenda, bem como ao peso volumétrico da encomenda.

Os serviços especiais da TNT Portugal procuram fornecer soluções à medida das necessidades de cada cliente, sempre que os serviços normalizados não o consigam fazer:

- *Serviços expresso de entregas urgentes (Sameday)*. *Serviços especiais de Sameday*. Serviços de transporte críticos em tempo (entrega o mais cedo possível no destino), utilizando a rede (*network*) da TNT ou meios e percursos dedicados às necessidades do cliente.
- Serviços de temporização ou calendarização programadas.
 - *Serviços com programação da recolha e/ou entrega*. Serviços dedicados de transporte, para a realização de uma recolha e/ou entrega de encomenda, em datas e horas especificadas pelo cliente.
 - *Serviços com programação de múltiplas entregas e/ou recolhas*. Serviços dedicados de transporte, para a realização de mais do que uma recolha e/ou entrega de encomendas, em datas e horas especificadas pelo cliente.
- *Serviços de transporte para locais especiais*. Serviços onde a entrega e/ou a recolha da encomenda se processam em local(ais) de acesso especial.
- Serviços de transporte de bens que requerem manuseamento especial.
 - *Transporte de mercadorias perigosas*.
 - *Transporte seguro de bens de elevado valor*.
 - *Transporte de perecíveis*. Transporte de bens que requerem condições ambientais específicas e controladas de acondicionamento.
 - *Transporte de delicados*. Transporte de artigos frágeis e/ou de grandes dimensões.
 - *Transporte de carga*. Transporte de encomendas em contentores.
 - *Transporte dirigido para a indústria*. Soluções de transporte à medida dos seguintes sectores de actividade: farmacêutico, automóvel, análises clínicas, têxtil e moda, computação e *high-tech*, comunicação e electrónica, componentes industriais.
- Serviços de armazenagem e distribuição.
 - *First to Market*. Consolidação e armazenamento de novos produtos, peças ou *packs* de lançamento de produtos, entre outros bens em fase de introdução no mercado, sua preparação (embalamento, etiquetagem ,etc.) e coordenação da sua distribuição de forma faseada, programada ou simultânea.
 - *After Sales Express*. Armazenamento de produtos e/ou de peças sobresselentes, entre outros tipos de bens, em qualquer ponto/local, para entrega ou distribuição num determinado destino, sempre que tal seja requerido pelo cliente.,

- *Repair & Return*. Recolha de produtos ou equipamentos avariados, ou a necessitar de intervenção, e sua entrega no fabricante ou representante desse produto/equipamento, com posterior retorno para o utilizador original, após reparação/intervenção efectuada.
- *Serviços opcionais ao transporte*. Realização de actividades relacionadas com a preparação (etiquetagem, rotulagem, etc.) e recepção (desempacotamento, triagem, etc.) de encomendas.
- *Serviços especializados complementares ao transporte*. Realização de operações, que complementem determinadas actividades de transporte, através de equipas especializadas dedicadas (montagem e/ou desmontagem de estruturas, decoração, afixação de cartazes etc.).

XX.3. Identificação de oportunidades de inovação e potenciais projectos de DFSS

A figura XX.1 exhibe, em detalhe, o processo de identificação de potenciais projectos de DFSS, a partir das oportunidades de inovação detectadas em resultado da análise de um conjunto de dados, adoptado no caso da aplicação efectuada na TNT Portugal. Este esquema detalha o processo representado na parte central do esquema da figura 7.2, contido no capítulo 7 da tese.

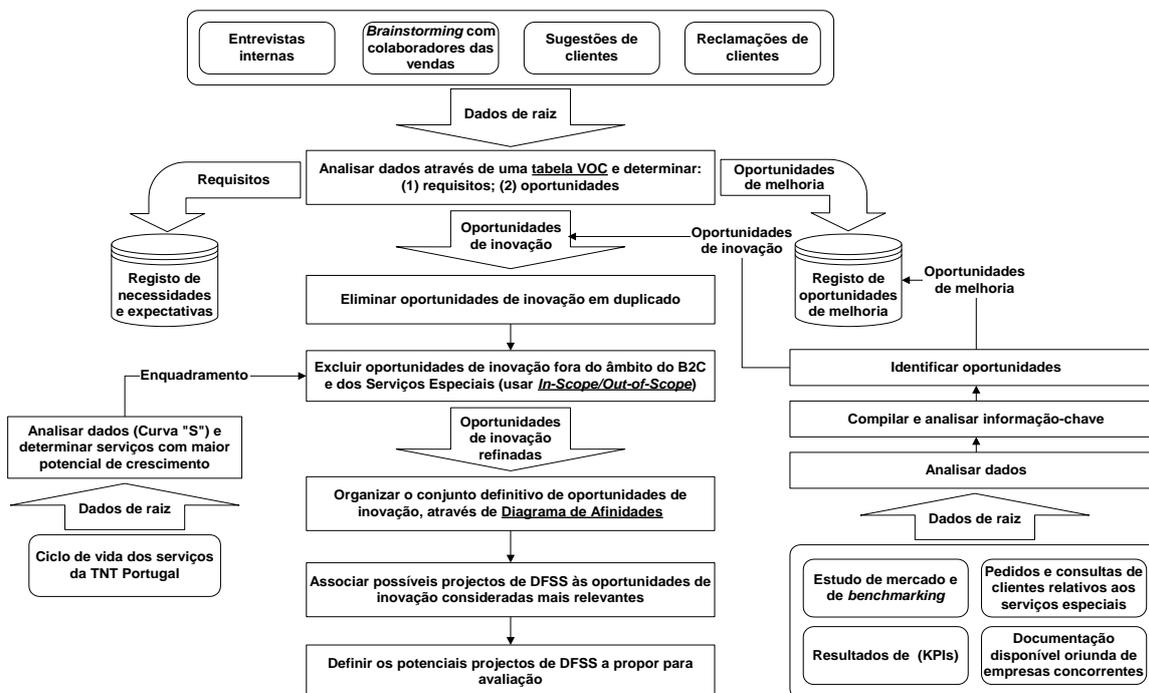


Figura XX.1 – Método para a identificação de potenciais projectos de DFSS seguido na TNT Portugal.

Os dados recolhidos a partir das entrevistas internas (ao todo, 12 entrevistas, abrangendo todas as áreas funcionais da TNT), da sessão de *brainstorming* realizada com vários dos colaboradores da área das vendas e de uma amostra aleatória de várias sugestões e reclamações, foi possível, através da utilização de tabelas VOC, identificar um conjunto de oportunidades de inovação, para além de oportunidades de melhoria e de requisitos para os serviços fornecidos pela TNT Portugal. Uma parte da totalidade das tabelas VOC preenchidas consta dos quadros XX.1, XX.2 e XX.3.

Quadro XX.1 – Parte da tabela VOC relativa à análise dos resultados das entrevistas internas.

Fonte	Voz	Informação em bruto					Informação tratada		
		Solução	Métrica	Tendência	Necessidade	Ideia	Ponto-Chave	Requisitos	Oportunidades
Entrevista interna	Os produtos críticos em tempo são resultantes de desorganização ou de alterações muito rápidas no plano produtivo				X		Urgência de entrega	Entregar a mercadoria no menor curto espaço de tempo possível	Serviços críticos em tempo
Entrevista interna	As empresas hoje concentram-se muito no melhor que sabem fazer			X			Enfoque de cada empresa no seu core business		Outsourcing de actividades de transporte por parte das empresas
Entrevista interna	Por outro lado, têm aparecido outras perspectivas, nomeadamente ligadas à área do marketing como, por exemplo, campanhas publicitárias			X			Campanhas e operações de marketing		Distribuição, transporte e serviços de valor acrescentado no suporte a campanhas ou operações de marketing e publicidade
Entrevista interna	Loucuras sempre existiram, houve aí clientes que me exigiram transporte entre Lisboa e Palmela de helicóptero... era para mostrar ao seu cliente que estava a pôr todos os meios ao serviço do transporte	X					Personalização do meio de transporte	Disponibilizar rapidamente os meios de transporte necessários à personalização requerida pelo cliente	
Entrevista interna	Indústrias fluorescentes, como a das telecomunicações, onde o nível de serviço é muito elevado			X			Nível de serviço elevado	Ter disponível os artigos críticos para os entregar no local correcto, assim que forem necessários	Outsourcing de armazenamento e transporte de componentes/artigos críticos
Entrevista interna	As campanhas de marketing também estão em grande crescimento e estendidas a muitas indústrias. Todos querem chegar da forma mais rápida e inovadora possíveis ao mercado			X			Campanhas e operações de marketing		Distribuição, transporte e serviços de valor acrescentado no suporte a campanhas ou operações de marketing e publicidade
Entrevista interna	São operações que têm que ser muito rápidas, que têm que acontecer quase do dia para a noite, porque são acompanhadas por outro tipo de suportes publicitários, tais como anúncios na rádio, televisão e jornais				X		Rapidez e cumprimento dos timings nas campanhas ou operações de marketing	Cumprir todos os prazos requeridos para a execução do serviço	Serviços críticos em tempo
Entrevista interna	Quando os produtos normais não conseguem satisfazer completamente o cliente, aparece uma outra solução que é um serviço especial				X		Flexibilidade para responder a várias necessidades	Fornecer soluções de serviço que permitam satisfazer as necessidades específicas dos clientes	
Entrevista interna	Há mercados que estão ainda por explorar e que podem ser muito interessante para nós, como por exemplo o Africano, nomeadamente o Angolano					X	Explorar mercado Africano		Network em Angola, com possibilidade de interligação com outras regiões de África
Entrevista interna	Quando o Estado for emagrecido, está a ser e continuará a ser, haverá necessidade de os serviços do Estado comprarem serviços de transporte de documentos, serviços urgentes, serviços externos e serviços internos						Actividades do Estado que necessitam serviços de transporte		Reestruturação do Estado, nos seus meios, actividades e processos, potenciam um aumento crescente pelos serviços prestados pela TNT
Entrevista interna	O crescimento vai ser muito grande também na área médica, no transporte de instrumentos, análises, eventualmente de órgãos humanos			X			Actividades das áreas médica e farmacêutica que necessitam serviços de transporte		Transporte de órgãos humanos, análises clínicas, instrumentos médicos, testes laboratoriais, medicamentos e outro tipo de materiais médicos ou farmacêuticos
Entrevista interna	Existem muitas trocas comerciais na fronteira entre Portugal e Espanha, poderia ser vantajoso explorar este facto					X	Fluxos de mercadorias entre regiões Ibéricas junto à fronteira		Explorar, através de agentes ou por via de uma outra solução, as necessidades de transporte resultantes das trocas comerciais existentes entre regiões ibéricas
Entrevista interna	Há aí mercados em que poderíamos apostar, até porque achamos que não está completamente desfocado do nosso negócio, como por exemplo o dos pendurados					X	Mercado dos pendurados		Negócio de pendurados (transporte especializado de roupa)
Entrevista interna	O que interessa para o cliente é a performance de entrega				X		Cumprimento do horário de entrega	Entregar a mercadoria no tempo acordado ou requerido	
Entrevista interna	Os clientes querem fiabilidade, que seja entregue não partido porque é material muito importante				X		Integridade da mercadoria entregue	Entregar a mercadoria nas mesmas boas condições em que foi recolhida	
Entrevista interna	Uma recolha especial, por exemplo, o cliente diz tenho aqui um computador que não está embalado				X		Serviços de valor acrescentado antes do transporte	Efectuar a preparação da mercadoria a expedir, antes do transporte, caso o cliente o requeira	
Entrevista interna	A área do arquivo e da gestão documental é uma área que acho que pode ser mais trabalhada						Arquivo e gestão documental		Desenvolver a área de arquivo e gestão documental, a nível de suporte físico e de suporte electrónico
Entrevista interna	No conquistar novos mercados é que acho que poderá ser o segredo dos próximos anos, porque os time critical que são utilizados vão continuar a ser						Aposta em novos mercados		Nichos de mercado com potencial para desenvolver a oferta de novas soluções, enquadradas no core business da TNT
Entrevista interna	O mercado do B2C, que vem muito da compra pela Internet, está em expansão, o próprio estudo da Accenture também garante que este é um mercado que vai crescer muito de ano para ano						Mercado do e-vending em crescimento		Transporte, distribuição e serviços de valor acrescentado, associados ao mercado de comércio à distância (Internet e telefone)
Entrevista interna	O cliente pode querer ter o controlo efectivo, não querer a sua mercadoria misturada com mais ninguém				X		Controlo e exclusividade do transporte		Novas soluções de monitorização e prestação de informação sobre o estado e/ou localização da mercadoria

Quadro XX.2 – Parte da tabela VOC relativa à análise dos resultados da sessão de *brainstorming*.

Informação em bruto							Informação tratada		
Fonte	Voz	Solução	Métrica	Tendência	Necessidade	Ideia	Ponto-Chave	Requisitos	Oportunidades
Brainstorming	Serviços estafetários para reduzir os tempos nos serviços urgentes de transporte					X	Serviços críticos em tempo		Aumentar o nível de serviço nas entregas críticas em tempo
Brainstorming	Feiras e exposições é uma área com potencial					X	Eventos		Desenvolver a área de serviços de gestão, apoio e suporte logístico a feiras e exposições
Brainstorming	Transporte especializado de vinhos e outras bebidas					X	Vinhos		Desenvolver o transporte especializado de vinhos e de outras bebidas que requeiram um elevado nível de controlo de qualidade no transporte
Brainstorming	Verificamos que existe alguma dificuldade ao nível do armazenamento e distribuição integrada				X		Armazenamento dedicado e distribuição integrada		Melhoria do serviço prestado ao nível do armazenamento e distribuição integrada
Brainstorming	Arquivo morto ou vivo					X	Gestão de arquivos		Desenvolver a área de arquivo e gestão documental, a nível de suporte físico e de suporte electrónico
Brainstorming	Serviços de mudanças e montagem					X	Mudanças e montagem		Desenvolver serviço de apoio a mudanças com elevado valor acrescentado (triagem, montagem, troca de equipamentos, etc.)
Brainstorming	Tabelas internacionais de Sameday, a nível nacional e internacional	X					Informação das condições de serviço no Sameday	Fornecer informação facilmente acessível sobre o preço e condições do serviço de Sameday	Serviços críticos em tempo
Brainstorming	Personalização e precisão. Desenvolver o espírito "Sure we can"					X	Capacidade de dar soluções	Apresentar elevada capacidade de fornecer uma solução à medida das necessidades de cada cliente	
Brainstorming	Outsourcing de um conjunto alargado de actividades com valor acrescentado, como o handling, etiquetagem, factores emocionais, etc.	X				X	Outsourcing de serviços com valor acrescentado		Desenvolver serviços de valor acrescentado, complementares aos serviços de transporte, promovendo-os junto de clientes e de potenciais clientes
Brainstorming	Planeamento nas feiras e eventos com proactividade perante o cliente					X	Proactividade na divulgação de feiras e eventos, para potencializar venda de serviços		Recolher e divulgar informação junto do mercado, relativamente à calendarização de feiras e eventos que venham a acontecer, nos quais a TNT pode fornecer todo o transporte e apoio logístico
Brainstorming	Parcerias ao nível de comunicação logística, montagem e desmontagem					X	Serviços complementares ao transporte - montagem e desmontagem		Realizar serviços complementares ao transporte relacionados com a montagem e desmontagem de estruturas de apoio ao evento
Brainstorming	Convenção, decoração, limpeza e todas as questões necessárias à organização, planeamento e execução dos eventos					X	Ciclo de vida do evento		Efectuar toda a logística inerente ao evento, desde o planeamento, passando pela execução, até à desmontagem final
Brainstorming	Empresas que fazem a gestão dos centros comerciais, com eventos aí efectuados					X	Eventos em Centros Comerciais		Planeamento e execução logística, incluindo serviços de valor acrescentado, dos eventos e campanhas que ocorrem nos Centros Comerciais
Brainstorming	Organização de reuniões de empresas, preparar, montar a sala, realizar, etc.					X	Organização de reuniões de empresas		Logística e serviços de valor acrescentado na preparação e organização de reuniões de empresas e outros eventos de empresas
Brainstorming	Gráficas, um sector onde os prazos são muito apertados, pode haver apoio a estas campanhas					X	Mercado da publicidade		Toda a logística e serviços de valor acrescentado, associados às campanhas publicitárias
Brainstorming	Serviços de OBC para determinadas zonas, como por exemplo Marrocos					X	Novos mercados para o serviços de On Board Courier		Desenvolver os serviços de On Board Courier para abranger novos mercados
Brainstorming	Serviços de carros directos mais económicos				X		Preços praticados nos carros directos	Preço competitivo para os serviços com carros dedicados	
Brainstorming	Serviços de estafetas / motas					X	Tempo de entrega Sameday	Minimizar o tempo de entrega nos serviços de Sameday	
Brainstorming	Nas entregas no próprio dia não conseguimos ser competitivos com outras empresas no mercado				X		Competitividade no mercado de Sameday		Desenvolver o produto de Sameday para o tornar mais competitivo
Brainstorming	Dispositivos que permitissem dar resposta o mais rápido possível ao cliente	X					Rapidez da informação acessível ao cliente	Proporcionar acesso fácil e rápido ao ponto de situação actual da execução do serviço requisitado	
Brainstorming	Contentores completos de outras origens para além da China					X	Contentores completos		Desenvolver o serviço de transporte de contentores completos proveniente de novos mercados

Quadro XX.3 – Parte da tabela VOC relativa à análise das sugestões e reclamações dos clientes.

Fonte	Voz	Informação em bruto					Informação tratada		
		Solução	Métrica	Tendência	Necessidade	Ideia	Ponto-Chave	Requisitos	Oportunidades
Reclamação	Envio com opcional "Cobranças" foi entregue ao cliente sem recolha do pagamento				X		Cumprimento do requisito opcional "Cobrança"	A mercadoria é cobrada no acto da entrega, quando solicitada esta opção	
Reclamação	No serviço 9 Horas, às 9h15 ainda não tínhamos recebido a documentação				X		Cumprimento do horário de entrega	A encomenda é entregue pontualmente no local de destino	
Reclamação	Consultámos o tracking da TNT e, para nossa surpresa, o mesmo informava que o serviço tinha sido recepcionado por nós às 8h59				X		Veracidade da informação constante no tracking da encomenda	O sistema de tracking disponível ao cliente contém a informação actualizada e este é fidedigna	
Reclamação	Foi solicitado que 15 minutos antes da entrega ligassem para a pessoa de contacto para avisar da entrega, coisa que não fizeram				X		Cumprimento do requisito opcional "Aviso de entrega"	A pessoa de contacto é avisada da entrega da mercadoria, quando solicitada esta opção	
Reclamação	Enorme transtorno no que respeita à resolução do problema, tempo de espera no atendimento telefónico (1 hora)				X		Tempo de espera telefónico na resolução de problema	O atendimento telefónico com vista à resolução do problema demora pouco tempo e é eficaz	
Reclamação	Veio um estafeta antes da hora que tínhamos pedido				X		Horário de recolha combinado	A mercadoria é recolhida pontualmente no horário combinado	
Sugestão	Porque é que não fazem a entrega a uma hora combinada "X"?					X	Entregas à hora marcada		Desenvolver um serviço para entrega a uma hora certa, um tipo de serviço especial alternativo aos produtos Premium
Reclamação	Detectámos que a entrega não tinha sido feita no dia referido pela TNT				X		Cumprimento do horário ou da data de entrega	A encomenda é entregue pontualmente no local de destino	
Reclamação	Dos 8 volumes faltava 1 e os presentes estavam danificados				X		Integridade da mercadoria recebida	A mercadoria é entregue tal como recolhida, na quantidade certa e sem danos	
Reclamação	O material chegou partido dentro das respectivas embalagens				X		Integridade da mercadoria recebida	A mercadoria é entregue tal como recolhida, na quantidade certa e sem danos	
Sugestão	Entregas mais urgentes devem ser feitas por mota					X	Serviços críticos em tempo (Sameday)		Repensar a utilização dos meios de transporte face à urgência das recolhas e entregas
Reclamação	Foi solicitado que 15 minutos antes da entrega ligassem para a pessoa de contacto para avisar da entrega, coisa que não fizeram				X		Cumprimento do requisito opcional "Aviso de entrega"	A pessoa de contacto é avisada da entrega da mercadoria, quando solicitada esta opção	
Reclamação	Foi solicitado o transporte da Guia de Transporte aquando do levantamento da mercadoria, mas, na entrega, o estafeta fez-se acompanhar de uma Guia em branco				X		Cumprimento do requisito opcional "Preenchimento da Guia de Transporte"	A Guia de Transporte é preenchida e transportada do local de recolha até ao local de entrega, quando solicitado	
Reclamação	E o estafeta foi até um pouco arrogante				X		Cortesia dos estafetas	Os estafetas ao serviço da TNT devem assegurar os níveis de cortesia de acordo com as regras da empresa	
Reclamação	Foi-nos garantido um contacto telefónico, mas tal não aconteceu				X		Cumprimento de contacto telefónico	O cliente da TNT é contactado para esclarecimento do problema, quando tal for justificável	
Sugestão	Podia haver informação adicional sobre o estado da encomenda no sistema de tracking					X	Informação disponibilizada no sistema de tracking		Rever o conteúdo do sistema de tracking disponibilizado aos clientes, para que a informação seja o mais completa possível face às necessidades dos clientes
Reclamação	Ligámos diversas vezes ao nosso Gestor de Clientes, contudo, nenhuma das chamadas foi atendida				X		Acessibilidade ao Gestor de Clientes	O Gestor de Clientes encontra-se facilmente contactável	

As oportunidades de inovação, tanto as que resultaram das tabelas VOC como aquelas identificadas a partir das outras fontes de dados, foram refinadas (removidas duplicações e situações fora do âmbito das áreas de B2C ou dos Serviços Especiais), eventualmente reformuladas a nível de escrita, e finalmente organizadas através de um diagrama de afinidades (figura XX.2).

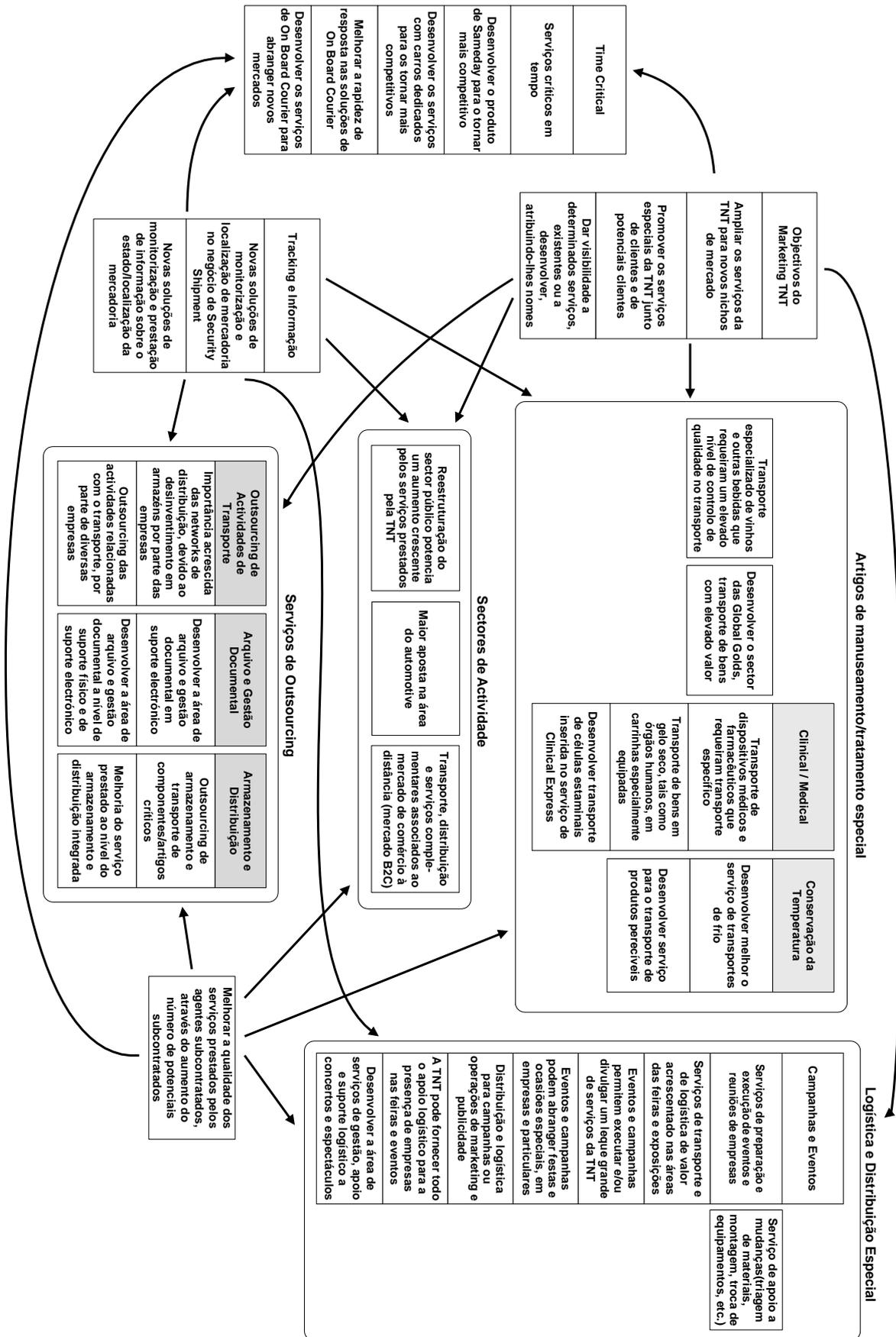


Figura XX.2 – Diagrama de afinidades relativo às oportunidades de inovação.

XX.4. Planeamento do projecto de DFSS seleccionado

O planeamento do projecto de DFSS realizado na TNT envolveu a elaboração da Declaração de Projecto (figura XX.3) e da matriz de responsabilidades RACI e cronograma (figura XX.4).

DECLARAÇÃO DE PROJECTO					
TNT			DECLARAÇÃO DE PROJECTO		
Título do Projecto	TNT Eventos e Campanhas			Número do Projecto	1
Tipo de Projecto Seis Sigma	DMAIC <input type="checkbox"/>		DFSS <input checked="" type="checkbox"/>		
Nome		Divisão/Departamento	Contacto		
Champion	José Domingos		Direcção Marketing & Vendas		
Sponsor do Projecto	Jaime Brasil		Resp. Serviços Especiais		
Master Black Belt	Pedro Saraiva / José Requeijo		FCT-UC / FCT-UNL		
Black Belt	Pedro Marques		ISQ		
Membros da Equipa	Nome	Divisão/Departamento	Título/Função	Contacto	
	Juliana Costa	Serviços Especiais	Supervisor		
	Carla Freire	Serviços Especiais	Account Manager		
	Rui Oliveira	Marketing & Vendas	Manager		
	Ana Bernardo	Qualidade	Manager		
Principais Partes Interessadas	Identificação		Principais necessidades e expectativas		
	Organizadores de eventos		Transportes e logística de apoio à organização do evento ou campanha à medida das suas necessidades		
	Participantes nos eventos		Soluções de transporte dos seus artigos, e serviços complementares, à medida das suas necessidades		
Fornecedores materiais e equipamentos		Soluções de transporte dos seus materiais e equipamentos, e serviços complementares, à medida das			
Missão do Projecto	Concepção e desenvolvimento de um serviço especializado em eventos e campanhas de marketing e publicidade, que forneça soluções de transporte, e complementares ao transporte, à medida dos requisitos específicos de cada cliente.				
Descrição da oportunidade que deu origem ao projecto (DFSS)	Os mercados de eventos e de campanhas de marketing têm necessidade de soluções de transporte e de logística à medida. A TNT Portugal tem experiência e know-how reconhecidos no segmento dos transportes especiais, incluindo os críticos em tempo, e da logística complementar aos transportes. Dada a relevância da realização de eventos no país, mesmo em cenários de contracção económica, a Direcção da TNT Portugal considera útil e relevante a realização deste projecto de DFSS.				
Âmbito do Projecto	Este projecto enquadra-se na área dos Serviços Especiais da TNT Portugal.				
Importância do Projecto	A importância deste projecto enquadra-se na estratégia e política de inovação da empresa, procurando a entrada em novos negócios através do lançamento de novos produtos na forma de serviços diferenciadores.				
Principais Objectivos do Projecto	(1) Conceber e desenvolver um novo serviço especializado em eventos e campanhas de marketing e publicidade; (2) Testar a metodologia de DFSS proposta na tese de doutoramento; (3) Verificar a adequabilidade da metodologia de DFSS proposta numa situação de variedade temporal.				
Principais Recursos necessários ao Projecto	Meios humanos da TNT, formação em DFSS (especifica em DFSS e através de acções internas no decorrer do projecto) e meios materiais/logísticas da TNT que sejam necessários no decorrer do projecto.				
Data Prevista para o início do Projecto			Data Prevista para o conclusão do Projecto		
Segundo trimestre de 2008			Segundo trimestre de 2010		
Data de Elaboração	Revisão N°	Assinatura do Sponsor do projecto			
___/___/___	0				
Aprovação do Champion				Data	___/___/___

Figura XX.3 – Declaração do projecto de DFSS realizado na TNT Portugal.

Projecto de DFSS - "TNT Eventos e Campanhas"	FASE / TAREFA	MATRIZ RACI				PERÍODO DO CRONOGRAMA											
		R	A	C	I	2º trimestre 08	3º trimestre 08	4º trimestre 08	1º trimestre 09	2º trimestre 09	3º trimestre 09	4º trimestre 09	1º trimestre 10	2º trimestre 10			
IDENTIFY																	
Identificar e priorizar clientes e outras partes interessadas	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Determinar as necessidades e expectativas dos clientes e de outras partes interessadas	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Definir, classificar e organizar os requisitos relevantes aplicáveis ao serviço	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Estabelecer as CTQCs e as suas definições operacionais	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Revisão intermédia do projecto	BB	BB		CH													
DESIGN																	
Identificar as funções básicas do serviço	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Definir os requisitos funcionais e constrangimentos a considerar na concepção e desenvolvimento do serviço	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Definir os elementos de solução do serviço	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Desenvolver em detalhe o serviço (processo de decomposição)	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Revisão intermédia do projecto	BB	BB		CH													
OPTIMIZE																	
Detectar e minimizar vulnerabilidades conceptuais no serviço	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Integrar os elementos de solução em meios, recursos e outros elementos da infraestrutura do serviço	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Verificar os níveis de desempenho funcional do serviço	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Optimizar os níveis de desempenho funcional do serviço	BB	BB	SE, MKT, OL	CH, SP													
Revisão intermédia do projecto	BB	BB		CH													
VALIDATE																	
Planear e realizar de teste(s) a um serviço-piloto	BB, SE, MKT	SE	SE, MKT, OL	CH, SP													
Verificar os resultados obtidos no(s) teste(s) ao serviço-piloto	BB, SE, MKT	SE	SE, MKT, OL	CH, SP													
Validar o novo serviço	SE	CH	MKT, SE, OL, BB	CH, SP													
Preparar a transição do novo serviço para operação	SE	CH	MKT, SE, OL, BB	CH, SP													
Reunião final do projecto	BB	BB		CH													

Legenda:
 BB - Black Belt
 MKT - Direcção de Marketing & Vendas
 SP - Sponsor
 OL - Dep. Qualidade
 SE - Dep. Serviços Especiais
 CH - Champion

Figura XX.4 – Plano do projecto de DFSS na TNT Portugal, contendo cronograma e matriz RACI.

XX.5. Questionário elaborado para ser usado pelo pessoal das vendas da TNT na recolha das necessidades e expectativas dos clientes

NOME DA EMPRESA: _____

ÁREAS DE EVENTOS E CAMPANHAS:					
Brindes e merchandising	<input type="checkbox"/>	Eventos culturais	<input type="checkbox"/>	Congressos, colóquios e formação	<input type="checkbox"/>
Campanhas marketing e publicidade	<input type="checkbox"/>	Eventos sociais	<input type="checkbox"/>	Stands e exposições	<input type="checkbox"/>
Eventos e reuniões de empresas	<input type="checkbox"/>	Eventos desportivos	<input type="checkbox"/>	Mostras e feiras	<input type="checkbox"/>

1. A área dos eventos em Portugal tem registado, de um modo geral:
a) Crescimento <input type="checkbox"/>
b) Estagnação <input type="checkbox"/>
c) Decréscimo <input type="checkbox"/>
d) Não há tendência definida <input type="checkbox"/>

2. O rigor, exigência e os requisitos de qualidade em relação aos eventos realizados tem:
a) Aumentado, mas pedem tudo em cima da hora <input type="checkbox"/>
b) São iguais, mas pedem tudo em cima da hora <input type="checkbox"/>
c) Aumentado <input type="checkbox"/>
d) São iguais <input type="checkbox"/>

3. Nas actividades que desenvolvem, os imprevistos ocorrem:
a) Muitas vezes <input type="checkbox"/>
b) Com alguma frequência <input type="checkbox"/>
c) Às vezes <input type="checkbox"/>
d) Quase nunca <input type="checkbox"/>

4. Esses imprevistos, se ocorrerem, podem pôr em risco a realização do evento?
a) Sim, quase sempre <input type="checkbox"/>
b) Sim, muitas vezes <input type="checkbox"/>
c) Sim, às vezes <input type="checkbox"/>
d) Não, quase nunca <input type="checkbox"/>

5. Costumam recorrer a serviços urgentes de transporte para resolver esses imprevistos ou situações de última hora?
a) Muitas vezes <input type="checkbox"/>
b) Com alguma frequência <input type="checkbox"/>
c) Às vezes <input type="checkbox"/>
d) Quase nunca <input type="checkbox"/>

6. Em situações críticas em tempo, a recolha e entrega têm de ser de ser feitas no mesmo dia ou em poucas horas?
a) Sim, quase sempre <input type="checkbox"/>
b) Sim, muitas vezes <input type="checkbox"/>
c) Sim, às vezes <input type="checkbox"/>
d) Não, quase nunca <input type="checkbox"/>

7. Nas actividades que desenvolvem, as necessidades de transportes especializados ocorrem:
a) Muitas vezes <input type="checkbox"/>
b) Com alguma frequência <input type="checkbox"/>
c) Às vezes <input type="checkbox"/>
d) Quase nunca <input type="checkbox"/>

8. As actividades de transporte são factores importantes para o sucesso dos eventos em que estão envolvidos
a) Sim, sem dúvida <input type="checkbox"/>
b) Sim, frequentemente <input type="checkbox"/>
c) Sim, às vezes <input type="checkbox"/>
d) Não, quase nunca <input type="checkbox"/>

Observações importantes a registar:

Que novos serviços logísticos e de transporte poderiam, do seu ponto de vista, trazer um valor acrescentado ao seu negócio?

Que necessidades específicas tem, na sua actividade, em relação a serviços de transporte e logísticos, desde a planificação até ao pós-evento?

XX.6. Conversão de “vozes” em necessidades e expectativas

Quadro XX.4 – Parte da tabela VOC relativa à conversão das “vozes” dos clientes em necessidades e expectativas – Projecto da TNT Eventos e Campanhas.

Informação em bruto						Informação tratada	
Fonte	Voz	Solução	Métrica	Valor-alvo	Necessidade	Ponto-Chave	Necessidades e expectativas
Entrevista 1	Cada vez mais os eventos se fazem em cima da hora				X	Serviços críticos em tempo	Efectuar entregas de material necessário à realização do evento, no menor tempo possível
Entrevista 1	Na semana passada tivemos que transportar uma chama olímpica para um evento na baía de Cascais e foi preciso um transporte especial				X	Transporte especializado	Ser capaz de transportar qualquer tipo de mercadoria que seja necessária num evento
Entrevista 1	Posso precisar de um transporte de uma estrutura de 20x10 metros				X	Mercadorias de grandes dimensões	Ser capaz de transportar mercadorias de grandes dimensões
Entrevista 2	Posso precisar de uma entrega pelo país todo que tem samplings em todas as capitais de distrito com datas certas				X	Entregas múltiplas	Efectuar múltiplas entregas de material em diferentes datas e/ou horários
Entrevista 2	No transporte, se falarmos de acrílicos, vidros ou materiais frágeis vamos ter que ter outros cuidados				X	Mercadorias frágeis	Ser capaz de transportar mercadorias frágeis ou muito sensíveis
Entrevista 2	Se são materiais pesados temos que ir a alguém específico				X	Mercadorias pesadas	Ser capaz de transportar mercadorias de elevado peso
Entrevista 3	Quem o pode transportar, como se transporta, se o camião frigorífico tem que estar a 6°C, 4°C ou -15°C				X	Temperatura controlada	Ser capaz de transportar bens que exigem condições de temperatura controlada
Entrevista 3	De repente temos que transportar elementos em altura numa estrada que só tem cabos eléctricos				X	Mercadoria de grande dimensões	Ser capaz de transportar mercadorias de grandes dimensões
Entrevista 3	Nós fazemos a verificação, as tais visitas aos locais para estudar a melhor maneira de levar o equipamento para aquele local. Depois de visto o percurso vamos a quem nos dá mais garantias, seja de transporte seja de montagem				X	Relevo e outras especificidades do terreno onde decorre o evento Montagem de estruturas	Ser capaz de carregar e descarregar material para os eventos em qualquer tipo de terreno Efectuar correctamente o serviço de montagem de qualquer tipo de estrutura necessária num evento
Entrevista 4	Muitas vezes é quem que me faz um transporte de vidro, ou um transporte de grandes dimensões, cumprindo o tempo e à última da hora				X	Integridade da mercadoria recebida	Conseguir efectuar entregas críticas em tempo de qualquer mercadoria que requeira manuseamento especial
Entrevista 4	Se o cenário se parte em 24 horas, onde é que eu vou arranjá outro? Tenho mesmo que apostar numa boa entrega				X	Integridade da mercadoria transportada	Entregar a mercadoria transportada nas mesmas boas condições em que foi recolhida
Entrevista 4	No final, "olhe, temos este material todo, podem levar"?				X	Pós-evento	Recolher e transportar o material no final do evento
Entrevista 5	Há 2 anos o cenário era uma parede de gelo e exigiu procurar quem fizesse um transporte de blocos de gelo branco				X	Temperatura controlada	Ser capaz de transportar bens que exigem condições de temperatura controlada
Entrevista 5	Saber as especificidade do local, de onde podia entrar o camião, de como poderíamos carregar os blocos de gelo (...) e encontrou-se quem o fizesse e quem o montasse				X	Relevo e outras especificidades do local onde decorre o evento Montagem de estruturas com manuseamento especial	Ser capaz de carregar e descarregar material para os eventos em qualquer tipo de local Efectuar correctamente o serviço de montagem de qualquer tipo de estrutura que requeira manuseamento especial
Entrevista 5	Se calhar preciso de tractores em vez de carrinhas normais, porque tenho que levar material pelo meio da areia	X				Adequação do meio de transporte ao local ou ao terreno	Ter capacidade de efectuar entregas e recolhas em qualquer tipo local e de terreno onde decorra o evento
Entrevista 6	Vamos saber quanto tempo preciso para montar				X	Estimativa do tempo de montagem	Efectuar a montagem de estrutura necessária ao evento no tempo requerido
Entrevista 6	Uma dificuldade que temos é que não há ninguém que faça o transporte urgente durante a noite				X	Transporte crítico em tempo nocturno	Assegurar o transporte em qualquer horário que seja necessário
Entrevista 6	Ou então estamos a trabalhar com grandes massas... vamos para a praia de Carcavelos e temos 50.000 t-shirts para oferecer durante um concerto				X	Distribuição de merchandising	Efectuar adequadamente a distribuição de material de merchandising num evento

XX.7. Diagrama de afinidades do conjunto final de 43 requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas

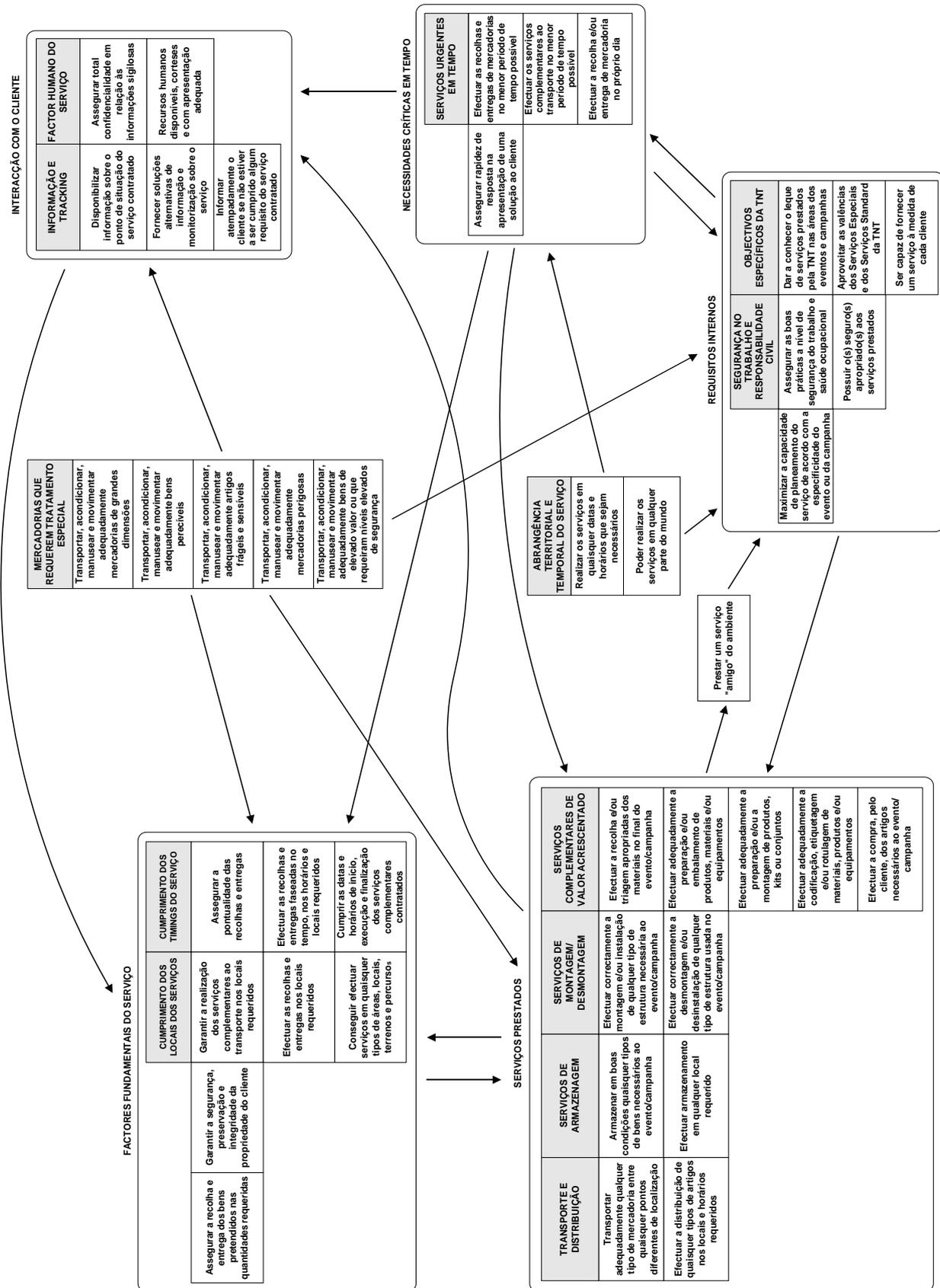


Figura XX.5 – Diagrama de afinidades dos requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas.

XX.8. Relação entre os requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas e os diferentes grupos de potenciais clientes deste serviço

Quadro XX.5 – Relação entre os requisitos aplicáveis ao serviço TNT Eventos e Campanhas, que resultaram do processo de refinamento, e os cinco grupos de potenciais clientes desse serviço.

N.º	Requisito	Grupos de potenciais clientes do serviço TNT Eventos e Campanhas					Requisitos da TNT para o serviço
		Organizadores de eventos	Fornecedores de bens e serviços para eventos	Intervenientes nos eventos	Promotores de eventos	Proprietários de espaços	
r _{c1}	Assegurar a recolha e entrega dos bens pretendidos nas quantidades requeridas	X	X	X	X	X	—
r _{c2}	Garantir a segurança, preservação e integridade da propriedade do cliente	X	X	X	X	X	—
r _{c3}	Garantir a realização dos serviços complementares ao transporte nos locais requeridos	X	X	X	X	X	—
r _{c4}	Efectuar as recolhas e entregas nos locais requeridos	X	X	X	X	X	—
r _{c5}	Conseguir efectuar serviços em quaisquer tipos de áreas, locais, terrenos e percursos	X	X	X	X	X	—
r _{c6}	Assegurar a pontualidade das recolhas e entregas	X	X	X	X	X	—
r _{c7}	Efectuar as recolhas e entregas faseadas no tempo, nos horários e locais requeridos	X	X	X	X	X	—
r _{c8}	Cumprir as datas e horários de início, execução e finalização dos serviços complementares contratados	X	X	X	X	X	—
r _{c9}	Transportar adequadamente qualquer tipo de mercadoria entre quaisquer pontos diferentes de localização	X	X	X	X	X	—
r _{c10}	Efectuar a distribuição de quaisquer tipos de artigos nos locais e horários requeridos	X	X	X	X	X	—
r _{c11}	Armazenar em boas condições quaisquer tipos de bens necessários ao evento/campanha	X	X	X	X	X	—
r _{c12}	Efectuar armazenamento em qualquer local requerido	X	X	X	X	X	—
r _{c13}	Efectuar correctamente a montagem e/ou instalação de qualquer tipo de estrutura necessária ao evento/campanha	X	X	X	X	X	—
r _{c14}	Efectuar correctamente a desmontagem e/ou desinstalação de qualquer tipo de estrutura usada no evento/campanha	X	X	X	X	X	—
r _{c15}	Efectuar a recolha e/ou triagem apropriadas dos materiais no final do evento/campanha	X	X	X	X	X	—
r _{c16}	Efectuar adequadamente a preparação e/ou embalagem de produtos, materiais e/ou equipamentos	X	X	X	X	X	—
r _{c17}	Efectuar adequadamente a preparação e/ou a montagem de produtos, kits ou conjuntos	X	X	X	X	X	—
r _{c18}	Efectuar adequadamente a codificação, etiquetagem e/ou rotulagem de materiais, produtos e/ou equipamentos	X	X	X	X	X	—
r _{c19}	Efectuar a compra, pelo cliente, dos artigos necessários ao evento/campanha	X	X	X	X	X	—
r _{c20}	Transportar, acondicionar, manusear e movimentar adequadamente mercadorias de grandes dimensões	X	X	X	X	X	—
r _{c21}	Transportar, acondicionar, manusear e movimentar adequadamente bens perecíveis	X	X	X	X	X	—
r _{c22}	Transportar, acondicionar, manusear e movimentar adequadamente artigos frágeis e sensíveis	X	X	X	X	X	—
r _{c23}	Transportar, acondicionar, manusear e movimentar adequadamente mercadorias perigosas	X	X	X	X	X	—
r _{c24}	Transportar, acondicionar, manusear e movimentar adequadamente bens de elevado valor ou que requerem níveis elevados de segurança	X	X	X	X	X	—
r _{c25}	Fornecer soluções alternativas de informação e monitorização sobre o serviço	X	X	X	X	X	—
r _{c26}	Disponibilizar informação sobre o ponto de situação do serviço contratado	X	X	X	X	X	—
r _{c27}	Informar atempadamente o cliente se não estiver a ser cumprido algum requisito do serviço contratado	X	X	X	X	X	—
r _{c28}	Assegurar total confidencialidade em relação às informações sigilosas	X	X	X	X	X	—
r _{c29}	Recursos humanos disponíveis, corteses e com apresentação adequada	X	X	X	X	X	—
r _{c30}	Assegurar rapidez de resposta na apresentação de uma solução ao cliente	X	X	X	X	X	—
r _{c31}	Efectuar as recolhas e entregas de mercadorias no menor período de tempo possível	X	X	X	X	X	—
r _{c32}	Efectuar os serviços complementares ao transporte no menor período de tempo possível	X	X	X	X	X	—
r _{c33}	Efectuar a recolha e/ou entrega de mercadoria no próprio dia	X	X	X	X	X	—
r _{c34}	Realizar os serviços em quaisquer datas e horários que sejam necessários	X	X	X	X	X	—
r _{c35}	Poder realizar os serviços em qualquer parte do mundo	X	X	X	X	X	—
r _{c36}	Prestar um serviço "amigo" do ambiente	X	X	X	X	X	—
r _{c37}	Possuir o(s) seguro(s) apropriado(s) aos serviços prestados	—	—	—	—	—	X
r _{c38}	Fornecer soluções alternativas de informação e monitorização sobre o serviço	—	—	—	—	—	X
r _{c39}	Maximizar a capacidade de planeamento do serviço de acordo com a especificidade do evento ou da campanha	—	—	—	—	—	X
r _{c40}	Dar a conhecer o leque de serviços prestados pela TNT nas áreas dos eventos e campanhas	—	—	—	—	—	X
r _{c41}	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	—	—	—	—	—	X
r _{c42}	Ser capaz de fornecer um serviço à medida de cada cliente	—	—	—	—	—	X

XX.9. Questionário para a determinação da importância dos requisitos dos potenciais clientes relativamente ao serviço TNT Eventos e Campanhas

Considerando a seguinte escala:

Nada importante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Extremamente importante
-----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------------------------

Atribua um grau de importância aos seguintes atributos relativos a um novo serviço de transporte e logística especializado em eventos e campanhas de *marketing*.

1. O serviço assegura a recolha e entrega dos bens pretendidos nas quantidades requeridas.
2. O serviço garante a segurança, preservação e integridade dos bens transportados e manuseados.
3. É assegurado o cumprimento dos locais onde devem decorrer os serviços complementares ao transporte.
4. O serviço assegura que as recolhas e entregas são sempre efectuadas nos locais requeridos.
5. A prestação do serviço pode ser efectuada independentemente das características das áreas, locais, terrenos e percursos inerentes à realização do evento ou campanha.
6. A pontualidade das recolhas e entregas é sempre cumprida.
7. As datas e os horários das entregas e recolhas faseadas são integralmente cumpridos.
8. As datas e os horários dos serviços complementares ao transporte, de apoio ao evento, são integralmente cumpridos.
9. O serviço de transporte abrange qualquer tipo de bem ou mercadoria, sejam quais forem as suas dimensões e características.
10. Os serviços de distribuição de artigos, necessários ao evento ou campanha, ocorrem sempre nos locais e horários requeridos.
11. Os serviços de armazenamento abrangem quaisquer tipos de bens que sejam necessários ao evento ou campanha, sendo os mesmos mantidos em boas condições.
12. Os serviços de armazenamento podem ser realizados em qualquer local que seja requerido.
13. São disponibilizados e efectuados correctamente serviços de montagem/instalação de quaisquer tipos de estrutura necessárias ao evento/campanha.
14. São disponibilizados e efectuados correctamente serviços de desmontagem/ desinstalação de qualquer tipo de estrutura usada no evento/campanha.
15. São disponibilizados e executados correctamente serviços relativos à recolha e/ou triagem dos materiais sobrantes no final do evento/campanha.

16. São disponibilizados e efectuados adequadamente serviços de preparação e embalagem de produtos, materiais e/ou equipamentos.	<input type="checkbox"/>
17. São disponibilizados e realizados correctamente serviços de preparação de produtos e outros artigos e/ou montagem de kits e conjuntos.	<input type="checkbox"/>
18. São disponibilizados e correctamente executados serviços de codificação, etiquetagem e/ou rotulagem de materiais, produtos e/ou equipamentos.	<input type="checkbox"/>
19. São prestados serviços relativos à aquisição, pelo cliente, de artigos, materiais ou equipamentos necessários ao evento/campanha.	<input type="checkbox"/>
20. O serviço viabiliza o transporte, acondicionamento, manuseamento e movimentação adequados de mercadorias de grandes dimensões.	<input type="checkbox"/>
21. O serviço viabiliza o transporte, acondicionamento, manuseamento e movimentação adequados de bens perecíveis.	<input type="checkbox"/>
22. O serviço viabiliza o transporte, acondicionamento, manuseamento e movimentação adequados de artigos frágeis e sensíveis.	<input type="checkbox"/>
23. O serviço viabiliza o transporte, acondicionamento, manuseamento e movimentação adequados de mercadorias perigosas.	<input type="checkbox"/>
24. O serviço viabiliza o transporte, acondicionamento, manuseamento e movimentação adequados de bens de elevado valor monetário ou que requeiram níveis elevados de segurança.	<input type="checkbox"/>
25. São fornecidas soluções alternativas de tracking e informação sobre o serviço contratado.	<input type="checkbox"/>
26. É disponibilizada informação sobre o ponto de situação do serviço contratado.	<input type="checkbox"/>
27. O cliente é sempre informado de forma atempada, caso não esteja a ser cumprido algum requisito do serviço contratado.	<input type="checkbox"/>
28. A confidencialidade em relação às informações sigilosas é totalmente assegurada.	<input type="checkbox"/>
29. Os meios humanos envolvidos na prestação do serviço demonstram sempre disponibilidade e cortesia e têm sempre uma apresentação adequada.	<input type="checkbox"/>
30. Perante uma determinada solicitação, é sempre assegurada rapidez de resposta ao cliente, a nível da apresentação de uma solução.	<input type="checkbox"/>
31. Nos serviços de transporte críticos em tempo, as recolhas e entregas de mercadorias são efectuadas no menor período de tempo possível.	<input type="checkbox"/>
32. Nos serviços complementares críticos em tempo, as operações necessárias são realizadas no menor período de tempo possível.	<input type="checkbox"/>
33. Nos serviços críticos em tempo, as recolha e/ou entrega de mercadoria são consumadas no próprio dia.	<input type="checkbox"/>

34. Os serviços prestados podem ser realizados em quaisquer datas do calendário e nos horários que sejam requeridos pelo cliente.
35. Os serviços podem ser prestados em qualquer parte do mundo em que haja necessidade em que eles ocorram.
36. Os serviços prestados são desenvolvidos de modo a assegurar a sustentabilidade ambiental e a minimização dos impactos ambientais.

XX.10. Variety House of Quality (VHoQ) para o serviço TNT Eventos e Campanhas

Notação

↓ CTQC prioritizada

L A expectativa de alterações geracionais associadas ao requisito é baixa

M A expectativa de alterações geracionais associadas ao requisito é média

M A expectativa de alterações geracionais associadas ao requisito é elevada

Informação acerca dos requisitos aplicáveis ao sistema de interesse				Transporte																		Logística complementar										
Requisitos aplicáveis ao sistema de interesse				Entregas e recolhas						Integridade da mercadoria				Tracking		Acessibilidade e serviço ao cliente				Outros		Logística complementar										
				Mag. Incid. geracional esperada	Importância relativa	Nível do serviço	Ocorrências de local errado na recolha	Ocorrências de local errado na entrega	Recolhas atempadas na origem	Entregas atempadas no destino	Sucesso das entregas críticas em tempo	Taxa de cumprimento nas entregas/recolhas múltiplas ou faseadas	Ocorrências de mercadoria danificada	Ocorrências de mercadoria extravaziada	Incidências em acidentes, roubos, furtos, por veículo (RTA incident rate por veículo)	Taxa de conformidade com artigos de manuseamento específicos	N.º de opções de tracking/informação sobre o transporte disponibilizadas	Taxa de conformidade no serviço de tracking requerido pelo cliente, incluindo notificação	Profissionalismo das estafetas e operacionais	Profissionalismo no atendimento telefónico	Tempo médio de apresentação de proposta	Tempo médio de apresentação de proposta (serviço crítico em tempo)	Abrangência territorial dos serviços	Emissão média de CO2 por tipo de veículo	Taxa de cumprimento nos serviços de armazenagem/comerciais	Taxa de cumprimento nos serviços complementares de valor acrescentado	Taxa de cumprimento nos serviços de montagem/desmontagem					
Factores fundamentais dos serviços	Cumprimento dos locais dos serviços	Assegurar a recolha e entrega dos bens pretendidos nas quantidades requeridas	L	8.3	9	1	1	1	1	1	3	1	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0			
		Garantir a segurança, preservação e integridade da propriedade do cliente	L	8.6	3	1	1	0	1	3	1	9	9	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	3		
		Garantir a realização dos serviços complementares ao transporte nos locais requeridos	L	8.0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3		
	Cumprimento dos timings dos serviços	Efectuar as recolhas e entregas nos locais requeridos	L	8.1	9	9	9	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Conseguir efectuar serviços em quaisquer tipos de áreas, locais, terrenos e percursos	M	6.8	1	3	3	3	3	3	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	3			
		Assegurar a pontualidade das recolhas e entregas	L	8.5	9	3	3	9	9	3	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0		
Serviços prestados	Transporte e distribuição	Transportar adequadamente qualquer tipo de mercadoria entre quaisquer pontos diferentes de localização	M	8.0	1	0	0	0	1	0	3	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0			
		Efectuar a distribuição de quaisquer tipos de artigos nos locais e horários requeridos	L	7.3	0	1	1	1	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0		
	Serviços de armazenagem	Armazenar em boas condições quaisquer tipos de bens necessários ao evento/campanha	L	7.7	0	0	0	1	0	0	0	9	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0			
		Efectuar armazenamento em qualquer local requerido	L	7.4	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	9	0	0	0	0			
	Serviços complementares de valor acrescentado	Serviços de montagem e desmontagem	Efectuar correctamente a montagem e/ou instalação de qualquer tipo de estrutura necessária ao evento/campanha	M	7.1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9		
			Efectuar correctamente a desmontagem e/ou desinstalação de qualquer tipo de estrutura usada no evento/campanha	M	7.0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9		
Serviços complementares de valor acrescentado		Efectuar a recolha e/ou triagem apropriadas dos materiais no final do evento/campanha	L	7.6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1			
		Efectuar adequadamente a preparação e/ou embalagem de produtos, materiais e/ou equipamentos	L	7.0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0			
Mercadorias que requerem tratamento especial	Informação e tracking	Efectuar adequadamente a preparação e/ou a montagem de produtos, kits ou conjuntos	L	6.9	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1			
		Efectuar adequadamente a codificação, etiquetagem e/ou rotulagem de materiais, produtos e/ou equipamentos	L	7.1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	3	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0			
		Efectuar uma compra, pelo cliente, dos artigos necessários ao evento/campanha	L	6.9	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0			
		Transportar, acondicionar, manusear e movimentar adequadamente mercadorias de grandes dimensões	L	7.2	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1			
		Transportar, acondicionar, manusear e movimentar adequadamente bens perecíveis	L	6.8	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
		Transportar, acondicionar, manusear e movimentar adequadamente artigos frágeis e sensíveis	L	7.5	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
Interação com o cliente	Serviços urgentes em tempo	Transportar, acondicionar, manusear e movimentar adequadamente mercadorias perigosas	L	7.4	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0			
		Transportar, acondicionar, manusear e movimentar adequadamente bens de elevado valor ou que requeiram níveis elevados de segurança	M	7.8	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0		
		Fornecer soluções alternativas de informação e monitorização sobre o serviço	H	7.4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	9	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0		
		Disponibilizar informação sobre o ponto de situação do serviço contratado	M	7.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Informar atempadamente o cliente se não estiver a ser cumprido algum requisito do serviço contratado	L	6.9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		Abrangência territorial e temporal do serviço	Poder realizar os serviços em qualquer parte do mundo	Assegurar total confidencialidade em relação às informações sigilosas	L	5.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Recursos humanos disponíveis, corteses e com apresentação adequada	L			6.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0			
Assegurar rapidez de resposta na apresentação de uma solução ao cliente	M			7.3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	9	9	1	1	0	0	0	0	0	0	0			
Efectuar as recolhas e entregas de mercadorias no menor período de tempo possível	L			6.9	0	0	0	3	3	9	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0			
Efectuar os serviços complementares ao transporte no menor período de tempo possível	L			7.0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3	3				
Efectuar a recolha e/ou entrega de mercadoria no próprio dia	L			8.0	3	3	3	3	9	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0			
Poder realizar os serviços em qualquer parte do mundo	Realizar os serviços em quaisquer datas e horários que sejam necessários	L	8.2	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1				
	Poder realizar os serviços em qualquer parte do mundo	M	7.6	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0					
Prestar um serviço "amigo" do ambiente				L	6.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0			
Pontuação				349.5	181.1	173.8	233.9	234.3	360.3	157.8	220.0	175.9	100.7	402.7	122.5	114.0	163.8	40.2	86.2	122.1	156.7	59.4	276.3	433.5	280.1							
Objectivos para as CTQs	Standard: Major Accounts	99.5% <0.5% <0.5% 99.7% 99.7%	Não aplicável	Não aplicável	<0.1% <0.1% <0.0%	Não aplicável	6 - 9 <0.5%	> 9.5 (escala 1-10)	> 9.8 (escala 1-10)	Não aplicável	Não aplicável	Doméstico e internacional	gama de produtos por tipo de veículo	Não aplicável	Não aplicável																	
		Standard: Medium & Small Accounts	98.5% <1.0% <1.0% 98.7% 98.7%	Não aplicável	Não aplicável	<0.5% <0.5% <0.0%	Não aplicável	3 - 6 <1.5%	> 9.5 (escala 1-10)	> 9.5 (escala 1-10)	Não aplicável	Não aplicável	Doméstico e internacional	gama de produtos por tipo de veículo	Não aplicável	Não aplicável																
		Especiais: All Accounts	A medida de cada situação	A medida de cada situação	A medida de cada situação	A medida de cada situação	A medida de cada situação	A medida de cada situação	<0.1% <0.1%	Não aplicável	A medida de cada situação	A medida de cada situação	A medida de cada situação	> 9.5 (escala 1-10)	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Doméstico e internacional	gama de produtos por tipo de veículo	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável	Não aplicável		
Avaliação técnica	Standard All Accounts	TNT	98.7%	0.3%	0.9%	99.0%	98.8%	—	—	0.13%	0.04%	—	8	1.03%	9.6	9.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
		Concorrente Best-In-Class 1	98.5%	—	1.1%	—	98.7%	—	—	—	0.15%	—	—	7	—	9.6	9.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
		Concorrente Best-In-Class 2	98.2%	—	0.5%	—	98.7%	—	—	—	0.20%	0.03%	—	8	—	—	9.5	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
	Especiais All Accounts	TNT	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		Concorrente Best-In-Class 1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Concorrente Best-In-Class 2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

Figura XX.6 – Variety House of Quality referente ao serviço TNT Eventos e Campanhas.

XX.11. Processo de decomposição aplicado à concepção e desenvolvimento do serviço TNT Eventos e Campanhas

➤ Nível hierárquico 1:

Requisitos funcionais:

- FR₁ = Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte requeridos.
- FR₂ = Transportar correctamente qualquer tipo de mercadoria, no tempo requerido, desde a origem até ao destino pretendidos.
- FR₃ = Definir, programar e coordenar as operações do serviço, atendendo, aos requisitos especificados no pedido do cliente.
- FR₄ = Integrar serviço e prestar apoio/suporte ao cliente que requisitou o serviço.

Constrangimentos:

Os constrangimentos referentes ao nível 1 da hierarquia, sua tipificação e impacto nos quatro requisitos funcionais, encontram-se indicados no quadro 7.5 da tese.

Parâmetros de projecto definidos:

- DP₁ = Serviços especiais complementares ao transporte para eventos/campanhas.
 - DP_{1a} = Serviços de armazenagem.
 - DP_{1b} = Serviços de montagem/desmontagem.
 - DP_{1c} = Logística de valor acrescentado.
 - DP_{1d} = Armazenagem + Montagem/desmontagem.
 - DP_{1e} = Armazenagem + Logística de valor acrescentado.
 - DP_{1f} = Montagem/desmontagem + Logística de valor acrescentado.
 - DP_{1g} = Armazenagem + Montagem/desmontagem + Logística de valor acrescentado.
- DP₂ = Serviços de transporte para eventos/campanhas.
 - DP_{2a} = Soluções *standard*.
 - DP_{2b} = Soluções de transporte à medida.
- DP₃ = Processo de definição do serviço.
- DP₄ = Estrutura do serviço TNT Eventos, incluindo *Customer Service*.

Matriz de projecto referente a todas as possíveis combinações de escolhas para o DP₁ e DP₂:

$$\left. \begin{array}{l} \text{FR}_1 \\ \text{FR}_2 \\ \text{FR}_3 \\ \text{FR}_4 \end{array} \right\} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 \\ X & X & X & X \end{bmatrix} \left. \begin{array}{l} \text{DP}_{1(a,b,c,d,e,f,g)} \\ \text{DP}_{2(a,b)} \\ \text{DP}_3 \\ \text{DP}_4 \end{array} \right\} \quad (\text{XX.1})$$

Tabela FR/DP:

A tabela FR/DP, descrevendo os conjuntos iniciais de FRs e DPs (nível 1 da hierarquia), encontra-se indicada no quadro 7.6 da tese.

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo I, FR₃::

O requisito funcional FR₃ encontra-se associado a uma função de comando e controlo de tipo I, a qual é desempenhada pelo processo de definição do serviço, um dos processos do sistema de gestão da TNT Portugal; compete a esta função o seguinte:

- Analisar o pedido de serviço do cliente.
- Determinar quais os serviços pretendidos pelo cliente:
 - Só serviços de transporte, ou
 - só serviços complementares, ou
 - serviços de transporte e serviços complementares.
- Determinar os requisitos específicos inerentes ao pedido do cliente para os serviços complementares ao transporte, caso estes sejam pretendidos, nomeadamente a nível de:
 - Tipo(s) de serviço(s) complementare(s) pretendido(s).
 - Datas, horários e durações pretendidos para a realização de cada tipo de serviço complementar.
 - Características intrínsecas dos artigos a manusear.
- Determinar os requisitos específicos inerentes ao pedido do cliente para os serviços de transporte, caso estes sejam pretendidos, nomeadamente a nível de:
 - Tipo(s) de mercadoria(s) a transportar (manuseamento normal e/ou especial).
 - Tempos (datas e horários) requeridos para a recolha e entrega das mercadorias.
 - Características dos locais de recolha e entrega das mercadorias.
- Seleccionar, quando aplicável, a solução de serviço complementar ao transporte (DP_{1a}, DP_{1b}, DP_{1c}, DP_{1d}, DP_{1e}, DP_{1f} ou DP_{1g}) mais adequada à satisfação dos requisitos especificados pelo cliente.
- Seleccionar, quando aplicável, a solução de serviço de transporte (DP_{2a} ou DP_{2b}) mais adequada satisfação dos requisitos especificados pelo cliente.
- Com base nas soluções de serviço seleccionadas (os DPs para satisfazer FR₁ e/ou FR₂), definir as operações concretas (os sub-FRs de FR₁ e FR₂, que aparecerão no 2.º nível da decomposição) a realizar durante a prestação do serviço contratado com o cliente.
- Definir a sequência com que as operações devem ocorrer.

→ Decomposição do ramo referente aos serviços complementares (nó FR₁-DP₁):

➤ Nível hierárquico 2:

a) Decomposição se DP_{1a} (serviços de armazenagem) for seleccionado:

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1(a).1} = Efectuar o armazenamento na(s) localização(ões) requerida(s).
- FR_{1(a).2} = Acondicionar em boas condições todos os artigos/bens armazenados.
- FR_{1(a).3} = Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço de armazenagem contratado.
- FR_{1(a).4} = Programar a realização do serviço de armazenagem pretendido.

A simbologia usada para designar os índices destes requisitos funcionais, embora seja fiel ao adoptado na teoria de Projecto Axiomático, teve que ser ligeiramente ajustada dada a presença de variedade temporal. Cada requisito funcional aparece sobre a forma de FR_{1(a).#}, em que “#” é o

correspondente número sequencial, enquanto que “1(a)” indica que estes FRs resultam da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha para este DP_1 recair sobre o elemento de solução DP_{1a} .

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XX.6 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1-DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1a} .

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais				
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR _{1(a),1}	FR _{1(a),2}	FR _{1(a),3}	FR _{1(a),4}	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)							
Constrangimentos de interface (Interface constraints)							
C1a-1	C-11	Adequar os meios e as condições de acondicionamento às características e especificidades dos bens/artigos armazenados		X		X	Inspeção / Observação
C1a-2	C-10	Adequar os meios de armazenagem temporária às características dos locais onde esses serviços devem ter lugar	X	X		X	Inspeção / Observação
C1a-3	C-12	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo no contacto com o cliente			X		Inspeção / Observação
C1a-4	C-13	Permitir rastrear a execução do serviço de armazenagem			X	X	Inspeção / Observação
C1a-5	C-14	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho nas operações de armazenagem	X	X		X	Inspeção / Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)							
C1a-6	C-15	Poder efectuar serviços de armazenagem em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	Inspeção / Observação
C1a-7	C-16	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT para os serviços de armazenagem	X	X	X	X	Inspeção / Observação
C1a-8	C-17	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	Inspeção / Observação
C1a-9	C-18	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de armazenagem	X	X	X	X	Inspeção / Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)							
C1a-10	C-19	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	Inspeção / Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)							

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi efectuada a verificação da consistência dos quatro sub-FRs definidos ($FR_{1(a),1}$ a $FR_{1(a),4}$) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1). As regras adoptadas para determinar essa consistência constam da secção 5.4.2.4 da tese, relativamente ao método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV) aí proposto, nomeadamente:

- Todas as potenciais fontes conducentes à formulação destes FRs situados no nível 2 foram consideradas, tendo sido respeitada a ordem de importância dessas fontes. A(s) fonte(s) que deu(deram) origem a cada um destes FR encontra(m)-se indicada(s) no quadro XX.7.
- Os dois primeiros FRs ($FR_{1(a),1}$ e $FR_{1(a),2}$), que foram formulados a partir do DP parental directo (DP_{1a}), correspondem a funções básicas desse mesmo DP_{1a} .
- O terceiro FR ($FR_{1(a),3}$) visa assegurar que o sistema de *Customer Service* da TNT, incluído no elemento de solução DP_4 (ver quadro 7.6 da tese), fornece o apoio/suporte ao cliente nos serviços de armazenagem prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas. Assim, $FR_{1(a),3}$ deriva do elemento de solução DP_4 , que satisfaz a função de suporte e integração FR_4 .
- O segundo FR ($FR_{1(a),2}$), em relação ao FR parental (FR_1), obedece à lógica “Como-Porquê”, sendo por esse motivo enquadrado no âmbito de uma função dependente.
- A especificação crítica de desempenho aplicável aos serviços de armazenagem (C-6), incluída no conjunto inicial de constrangimentos (ver quadro 7.5 da tese), foi desdobrada nos dois primeiros FRs ($FR_{1(a),1}$ e $FR_{1(a),2}$). Esta especificação crítica de desempenho corresponde a uma das CTQCs determinadas e prioritizadas na construção da VHoQ (ver figura XX.6).
- O constrangimento de interface C-13 (ver quadro 7.6) da tese, para além de ter sido refinado (ver quadro XX.6), de modo a ser enquadrado nos serviços de armazenagem, contribuiu para que fosse formulado o requisito funcional $FR_{1(a),3}$, associado a uma função de suporte do serviço, nomeadamente no que diz respeito à necessidade de disponibilização de soluções de *track & trace* (rastreamento) para os serviços de armazenagem contratados.

- Os constrangimentos de interface C-10 e C-11 (ver quadro 7.5 da tese), para além de terem sido refinados (ver quadro XX.6) contribuíram para que fosse formulado o requisito funcional FR_{1(a),4}, associado a uma função de comando e controlo.

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{1(a),1} = Espaço(s) de armazenagem.
 - Pode incluir armazém(éns) próprio(s) da TNT (DEPOT), armazém(éns) arrendado(s) e/ou armazém(éns) temporário(s)..
- DP_{1(a),2} = Condições de armazenagem que garantam a preservação e integridade dos bens/artigos armazenados.
 - São definidas em termos de: condições ambientais, físicas e de segurança a manter no espaço de armazenagem, meios e equipamentos a disponibilizar, recursos humanos a afectar, procedimentos de manuseamento e acondicionamento a adoptar, volume de armazenamento a disponibilizar para cada tipo de artigo.
- DP_{1(a),3} = Sistema TNT CS (*Customer Service*) para os serviços de armazenagem (inclui *Manager Account* e os meios de *track & trace* da TNT nesta área).
- DP_{1(a),4} = Processo de programação do serviço de armazenagem.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.7 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR₁-DP₁, quando a escolha para o elemento de solução DP₁ recair sobre o DP_{1a}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental					Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental					
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP			
FR ₁	Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte				Serviços especiais complementares ao transporte para eventos/campanhas (<i>serviços de armazenagem</i>)	DP _{1a}	Tipo II			
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais			Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação	
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							Efeito
FR _{1(a),1}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1a} , C-6	Efectuar o armazenamento na(s) localização(ões) requerida(s)	Espaço(s) de armazenagem Pode incluir armazém(éns) próprio(s) da TNT (DEPOT), armazém(éns) arrendado(s) e/ou armazém(éns) temporário(s)	DP _{1(a),1}	Tipo III	
FR _{1(a),2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1a} , FR ₁ , C-6	Acondicionar em boas condições todos os artigos/bens armazenados	Condições de armazenagem que garantam a preservação e integridade dos bens/artigos armazenados São definidas em termos de: condições ambientais, físicas e de segurança a manter no espaço de armazenagem, meios e equipamentos a disponibilizar, recursos humanos a afectar, procedimentos de manuseamento e acondicionamento a adoptar, volume de armazenamento a disponibilizar para cada tipo de artigo	DP _{1(a),2}	Tipo III	
FR _{1(a),3}	Estima	Suporte	Processo	Útil	DP ₁ , C-13	Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço de armazenagem contratado	Sistema TNT CS (<i>Customer Service</i>) para os serviços de armazenagem (inclui <i>Manager Account</i> e os meios de <i>track & trace</i> da TNT nesta área)	DP _{1(a),3}	Tipo III	
FR _{1(a),4}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo II)	Útil	C-10, C-11	Programar a realização do serviço de armazenagem pretendido	Processo de programação do serviço de armazenagem	DP _{1(a),4}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{Bmatrix} FR_{1(a),1} \\ FR_{1(a),2} \\ FR_{1(a),3} \\ FR_{1(a),4} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{1(a),1} \\ DP_{1(a),2} \\ DP_{1(a),3} \\ DP_{1(a),4} \end{Bmatrix} \quad (XX.2)$$

Principais notas interpretativas acerca desta matriz de projecto:

- São primeiramente definidos o(s) espaço(s) de armazenagem (DP_{1(a),1}) a utilizar, atendendo à(s) localização(ões) pretendida(s) para as actividades de armazenagem (FR_{1(a),1}). Esse(s) espaço(s) pode(m) situar-se em instalação(ões) da TNT, armazém(éns) arrendado(s) e/ou armazém(éns) temporário(s). As características desse(s) espaço(s) de armazenagem influenciam a capacidade de acondicionar devidamente os bens a armazenar.

- Seguidamente, são definidas as condições de armazenagem (DP_{1(a).2}) a proporcionar para cada espaço de armazenagem determinado, de maneira a garantir um adequado acondicionamento e preservação dos bens/artigos que o cliente pretende ver armazenados (FR_{1(a).2}).
- Através do sistema de *Customer Service* (CS) da TNT (DP_{1(a).3}), que inclui um *Manager Account* (colaborador da TNT dedicado à prestação de apoio ao cliente) e o sistema de *tracking & trace* do serviço da armazenagem, o terceiro requisito funcional (FR_{1(a).3}), que tem um carácter de suporte, é assim garantido.
- Finalmente, o quarto requisito funcional (FR_{1(a).4}), associado a uma função de comando e controlo de tipo II, é concretizado através do processo de programação do serviço de armazenagem (DP_{1(a).4}). Cabe a este FR analisar os requisitos inerentes ao serviço de armazenagem pedido, determinar as especificidades desses requisitos e, com base nelas, seleccionar e alocar, durante os períodos temporais em que o serviço é prestado, os espaços e as condições de armazenagem mais apropriados.

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo II, FR_{1(a).4}:

O requisito funcional FR_{1(a).4} encontra-se associado a uma função de comando e controlo de tipo II, a qual é assegurada pelo processo de programação do serviço de armazenagem. Compete a esta função o seguinte:

- Determinar com precisão, relativamente ao serviço de armazenagem pedido pelo cliente:
 - Qual(ais) o(s) artigo(s) que o cliente pretende que seja(m) armazenado(s).
 - As características e propriedades intrínsecas a cada tipo de artigo e, com base nelas, as regras de manuseamento e de acondicionamento a cumprir tendo em vista a sua preservação e integridade.
 - As quantidades a armazenar de cada tipo de artigo.
 - A(s) localização(ões) geográfica(s) onde devem ocorrer as actividades de armazenagem.
 - O(s) período(s) de tempo (datas, horários e durações) pretendido(s) para o armazenamento de determinado(s) artigo(s) num(uns) dado(s) local(ais).
- Para cada tipo de artigo a armazenar, atendendo às suas características e propriedades intrínsecas, e às regras de manuseamento e de acondicionamento aplicáveis, definir as condições de armazenagem que devem ser asseguradas, nomeadamente:
 - As condições ambientais (e.g. temperatura, humidade, luminosidade, electricidade estática) a manter no espaço de armazenagem, caso a sua conservação dependa de factores ambientais que, por esse motivo, necessitem de ser controlados.
 - As condições físicas (e.g. tipo de piso, protecções de acondicionamento) e de segurança (e.g. medidas de prevenção de incêndios, medidas anti-roubo) a proporcionar.
 - Os meios (e.g. tipos de estantes de armazenagem, tipos de paletes, carros de armazém, tipos de recipientes e contentores) e equipamentos (e.g. empilhadores, porta-paletes, plataformas elevatórias, leitores-ópticos) a disponibilizar.
 - Os recursos humanos (e.g. pessoal especializado em artigos de manuseamento especial) a afectar às actividades de armazenagem.
 - Os procedimentos (e.g. empilhamento, *picking*, movimentação de materiais) de manuseamento e de acondicionamento a adoptar.
 - O volume de armazenagem a disponibilizar, de modo a conseguir armazenar as quantidades requeridas.
- Seleccionar o(s) espaço(s) de armazenagem em função da sua capacidade de:
 - Proporcionar as condições de armazenagem pré-definidas.
 - Garantir que as actividades de armazenagem se desenrolam no(s) local(ais) requerido(s):

- Face às necessidades específicas, o(s) espaço(s) de armazenagem situar-se-á(ão) em: instalação(ões) da TNT (em Lisboa, Porto, Coimbra, Faro, Évora e/ou Vila Real); armazém(éns) arrendado(s) (localizado(s) o mais próximo possível do(s) lugar(es) pretendido(s)); e/ou armazém(éns) temporário(s) (na forma de atrelado(s) de veículos, contentor(es), tenda(s), e/ou de outro(s) tipo(s) de estrutura(s)).
- No caso de armazenagem temporária, o(s) tipo(s) de estrutura(s) também é(são) escolhido(s) consoante as características do terreno onde será(ão) instalada(s).
- Coordenar a afectação/alocação temporal dos meios e recursos, inerentes às condições e espaço(s) de armazenagem previamente definidos, de forma a satisfazer a sequência com que as operações/actividades de armazenagem devem ocorrer (esta sequência de operações foi anteriormente determinada através da função de comando e controlo de tipo I, FR₃) durante a prestação do serviço.

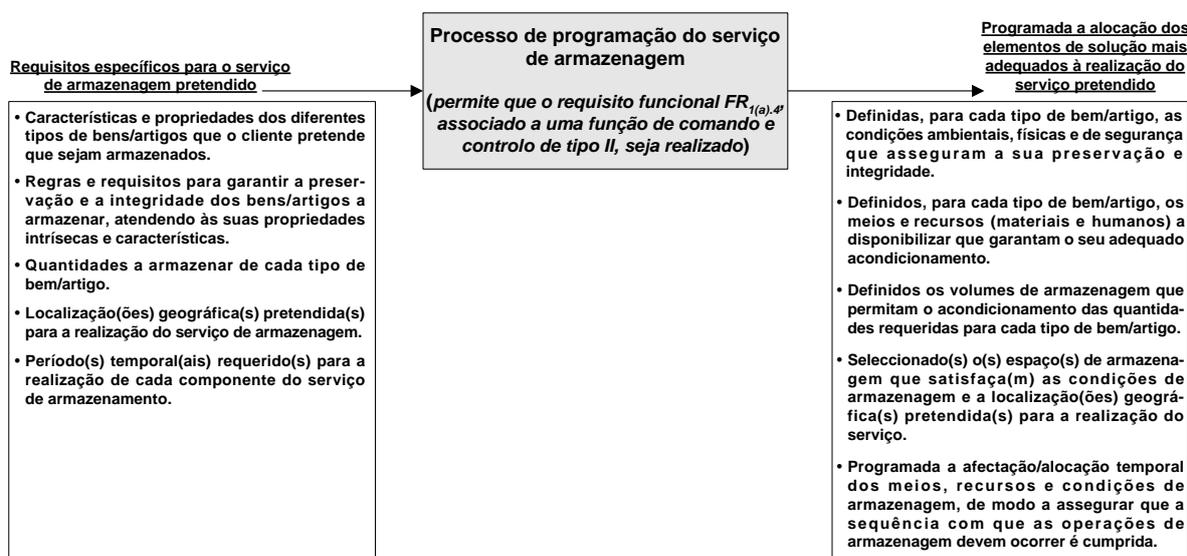


Figura XX.7 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de armazenagem prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas.

b) Decomposição se DP_{1b} (serviços de montagem/desmontagem³⁴) for seleccionado:

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1(b),1} = Realizar correctamente todas as operações de montagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
- FR_{1(b),2} = Realizar correctamente todas as operações de desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
- FR_{1(b),3} = Efectuar a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) no(s) local(ais) requerido(s).
- FR_{1(b),4} = Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço de montagem e/ou desmontagem contratado.
- FR_{1(b),5} = Programar a realização do serviço de montagem/desmontagem pretendido.

³⁴ Os serviços de montagem abrangem também soluções de instalação e de construção de estruturas, para além das de montagem. Os serviços de desmontagem abrangem também soluções de desinstalação e de demolição de estruturas, para além das de montagem.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XX.8 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR₁-DP₁, quando a escolha do elemento de solução DP₁ recair sobre DP_{1b}.

Código	Fonte	Descrição do constrangimento	Impacto nos requisitos funcionais					Verificação
			FR _{1(b),1}	FR _{1(b),2}	FR _{1(b),3}	FR _{1(b),4}	FR _{1(b),5}	
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)								
Constrangimentos de interface (Interface constraints)								
C1b-1	C-11	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades técnicas das estruturas a montar, instalar e/ou construir	X				X	Inspeção/Observação
C1b-2	C-11	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades técnicas das estruturas a desmontar, desinstalar e/ou demolir		X			X	Inspeção/Observação
C1b-3	C-10	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades dos locais onde as operações de montagem e/ou desmontagem devem ter lugar	X	X	X		X	Inspeção/Observação
C1b-4	C-12	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo no contacto com o cliente				X		Inspeção/Observação
C1b-5	C-13	Permitir rastrear a execução do serviço de montagem/desmontagem				X	X	Inspeção/Observação
C1b-6	C-14	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das operações de montagem e desmontagem	X	X	X		X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)								
C1b-7	C-15	Poder efectuar serviços de montagem e/ou desmontagem em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1b-8	C-16	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT para os serviços de montagem e/ou desmontagem	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1b-9	C-17	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1b-10	C-18	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de montagem e/ou desmontagem	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)								
C1b-11	C-19	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)								

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi efectuada a verificação da consistência dos cinco sub-FRs definidos (FR_{1(b),1} a FR_{1(b),5}) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1), utilizando as regras incorporadas no MDCV, nomeadamente:

- Todas as potenciais fontes conducentes à formulação dos FRs situados no nível 2 foram consideradas, tendo sido respeitada a ordem de importância dessas fontes. A(s) fonte(s) que deu(deram) origem a cada um desses FRs encontra(m)-se indicada(s) no quadro XX.9.
- Os três primeiros FRs (FR_{1(b),1}, FR_{1(b),2} e FR_{1(b),3}), que foram definidos a partir do DP parental directo (DP_{1b}), correspondem a funções básicas desse mesmo DP_{1b}.
- O quarto FR (FR_{1(b),4}) visa assegurar que o sistema de *Customer Service* da TNT, incluído no elemento de solução DP₄ (ver quadro 7.6 da tese), fornece o apoio/suporte ao cliente nos serviços de montagem/desmontagem prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas. Assim, FR_{1(b),4} deriva do elemento de solução DP₄, o qual satisfaz a função de suporte e integração FR₄.
- Os dois primeiros FRs (FR_{1(b),1} e FR_{1(b),2}) obedecem à lógica “Como-Porquê” relativamente ao seu FR parental (FR₁), estando por isso associadas a funções dependentes.
- A especificação crítica de desempenho aplicável aos serviços de montagem/desmontagem (C-7), incluída no conjunto inicial de constrangimentos (ver quadro 7.5 da tese), foi desdobrada nos primeiros três FRs (FR_{1(b),1}, FR_{1(b),2} e FR_{1(b),3}).
- O constrangimento de interface C-13 (ver quadro 7.5 da tese), para além de ter sido refinado (ver quadro XX.8), de modo a ser enquadrado especificamente nos serviços de montagem/desmontagem, contribuiu para que fosse formulado o requisito funcional FR_{1(b),4}, no que diz respeito à necessidade de disponibilização de soluções de *tracking* para este tipo de serviços.
- Os constrangimentos de interface C-10 e C-11 (ver quadro 7.5 da tese), para além de terem sido refinados (ver quadro XX.8) contribuíram para que fosse formulado o requisito funcional FR_{1(b),5}, associado a uma função de comando e controlo de tipo II.

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{1(b).1} = Procedimentos, meios e recursos para a montagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
 - Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar dependem do(s) tipo(s) de estrutura(s) a montar ou instalar. No âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas consideram-se os seguintes tipos de estruturas: palcos, bancadas, cenários, tendas, toldos, coberturas, *stands* e expositores, mobiliário, cartazes ou painéis publicitários, cabinas, *outdoors*, quiosques, sistemas de som e imagem, recintos desportivos, entre outros eventuais.
- DP_{1(b).2} = Procedimentos, meios e recursos para a desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
 - Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar dependem do(s) tipo(s) de estrutura(s) a desmontar ou desinstalar. No âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas consideram-se os seguintes tipos de estruturas: palcos, bancadas, cenários, tendas, toldos, coberturas, *stands*, mobiliário, cartazes ou painéis publicitários, *outdoors*, quiosques, sistemas de som e imagem, recintos desportivos, entre outros eventuais.
- DP_{1(b).3} = Descritivo sobre a localização de realização das operações do serviço de montagem/desmontagem.
 - Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. mapas, fotografias, plantas, indicações escritas e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser montada(s) e/ou desmontada(s) a(s) estrutura(s) pretendida(s).
- DP_{1(b).4} = Sistema TNT CS (*Customer Service*) para os serviços de montagem/desmontagem (inclui *Manager Account* e os meios de *track & trace* da TNT nesta área).
- DP_{1(b).5} = Processo de programação do serviço de montagem/desmontagem.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.9 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR₁-DP₁, quando a escolha para o elemento de solução DP₁ recair sobre o DP_{1b}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental						Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR ₁	Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte					Serviços especiais complementares ao transporte para eventos/campanhas (serviço de montagem/desmontagem de estruturas)	DP _{1b}	Tipo II		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais			Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							
FR _{1(b).1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1b} , FR ₁ , C-7	Realizar correctamente todas as operações de montagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)	Procedimentos, meios e recursos para a montagem da(s) estrutura(s) pretendida(s) Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar dependem do(s) tipo(s) de estrutura(s) a montar ou instalar. No âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas consideram-se os seguintes tipos de estruturas: palcos, bancadas, cenários, tendas, toldos, coberturas, <i>stands</i> e expositores, mobiliário, cartazes ou painéis publicitários, <i>outdoors</i> , quiosques, sistemas de som e imagem, recintos desportivos, entre outros eventuais	DP _{1(b).1}	Tipo III	
FR _{1(b).2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1b} , FR ₁ , C-7	Realizar correctamente todas as operações de desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)	Procedimentos, meios e recursos para a desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s) Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar dependem do(s) tipo(s) de estrutura(s) a desmontar ou desinstalar. No âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas consideram-se os seguintes tipos de estruturas: palcos, bancadas, cenários, tendas, toldos, coberturas, <i>stands</i> , mobiliário, cabinas, cartazes ou painéis publicitários, <i>outdoors</i> , quiosques, sistemas de som e imagem, recintos desportivos, entre outros eventuais	DP _{1(b).2}	Tipo III	
FR _{1(b).3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1b} , C-7	Efectuar a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) no(s) local(ais) requerido(s)	Descritivo sobre a localização de realização das operações de montagem e/ou desmontagem Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. mapas, fotografias, plantas, indicações escritas e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser montada(s) e/ou desmontada(s) a(s) estrutura(s) pretendida(s)	DP _{1(b).3}	Tipo IV	
FR _{1(b).4}	Estima	Suporte	Processo	Útil	DP ₄ , C-13	Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço de montagem e/ou desmontagem contratado	Sistema TNT CS (<i>Customer Service</i>) para os serviços de montagem/desmontagem (inclui <i>Manager Account</i> e os meios de <i>track & trace</i> da TNT nesta área)	DP _{1(b).4}	Tipo III	
FR _{1(b).5}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo II)	Útil	C-10, C-11	Programar a realização do serviço de montagem/desmontagem pretendido	Processo de programação do serviço de montagem/desmontagem	DP _{1(b).5}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\left\{ \begin{array}{l} FR_{1(b).1} \\ FR_{1(b).2} \\ FR_{1(b).3} \\ FR_{1(b).4} \\ FR_{1(b).5} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{ccccc} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & 0 & X \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{l} DP_{1(b).1} \\ DP_{1(b).2} \\ DP_{1(b).3} \\ DP_{1(b).4} \\ DP_{1(b).5} \end{array} \right\} \quad (XX.3)$$

Principais notas interpretativas acerca desta matriz de projecto:

- São primeiramente definidos os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a mobilizar para o serviço de montagem ($DP_{1(b).1}$) e/ou desmontagem ($DP_{1(b).2}$) da(s) estrutura(s) requerida(s) pelo cliente. Após reflexão e debate com os colaboradores da TNT pertencentes à área dos serviços especiais, chegou-se à conclusão de que estes dois elementos de solução satisfazem de forma independente os correspondentes requisitos funcionais (i.e. $FR_{1(b).1}$ e $FR_{1(b).2}$).
- Os tipos de procedimentos, meios e recursos escolhidos ($DP_{1(b).1}$ e $DP_{1(b).2}$) também impactam a capacidade de realizar com êxito a montagem e/ou desmontagem no(s) local(ais) requerido(s)³⁵ (i.e. $FR_{1(b).3}$).
- Uma vez definidos os procedimentos, meios e recursos a afectar ao serviço, é preparado o descritivo sobre a localização de realização das operações de montagem e/ou desmontagem ($DP_{1(b).3}$), o qual reúne informação e documento(s) indicativo(s) do(s) local(ais) onde a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) deverá(ão) ter lugar. Este descritivo constitui o elemento de solução que permitirá à(s) equipa(s) que executa(m) o serviço saber exactamente onde deve ser feita a montagem e/ou a desmontagem de cada estrutura, de acordo com o requerido ($FR_{1(b).3}$).
- Através do sistema de *Customer Service* (CS) da TNT, que inclui um *Manager Account* (colaborador da TNT dedicado à prestação de apoio ao cliente) e o sistema de *tracking & trace* do serviço da montagem/desmontagem ($DP_{1(b).4}$), o quarto requisito funcional ($FR_{1(b).4}$), que tem um carácter de suporte, é assim garantido.
- Finalmente, o quinto requisito funcional ($FR_{1(b).5}$), associado a uma função de comando e controlo de tipo II, é responsável pela programação das operações necessárias à montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s). O processo de programação do serviço de montagem/desmontagem ($DP_{1(b).5}$) foi o elemento de solução escolhido para realizar o $FR_{1(b).5}$. Compete-lhe seleccionar os procedimentos, meios e recursos que melhor se adequem às especificidades de cada tipo de estrutura e às características do(s) local(ais) onde as operações de montagem e/ou desmontagem terão lugar. A alocação/afecção dos procedimentos, meios e recursos, através do $FR_{1(b).5}$, é feita temporalmente em função da sequência de operações de montagem e/ou desmontagem e dos prazos a cumprir.

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo II, $FR_{1(b).5}$:

O requisito funcional $FR_{1(b).5}$ encontra-se associado a uma função de comando e controlo de tipo II, a qual é assegurada pelo processo de programação do serviço de montagem/desmontagem. Compete a esta função o seguinte:

- Relativamente ao serviço de montagem/desmontagem pedido pelo cliente, determinar:
 - A(s) estrutura(s) a montar no âmbito do evento ou campanha.
 - A(s) estrutura(s) a desmontar no âmbito do evento ou campanha.
 - As características de cada tipo de estrutura a montar e/ou desmontar:

³⁵ Os meios e recursos devem ser adequados a eventuais características particulares do local (e.g. tipologia do relevo, condições de vento, limitações de espaço e/ou altura) em que determinada estrutura tem de ser montada ou desmontada.

- Com base nessas características, apurar as regras e os requisitos técnicos e de segurança aplicáveis à montagem e/ou desmontagem de cada tipo de estrutura.
 - A(s) localização(ões) geográfica(s) onde devem ocorrer as actividades de montagem e/ou desmontagem de cada estrutura.
 - O(s) prazo(s) requerido(s) para a montagem e/ou desmontagem de cada estrutura.
- Para cada tipo de estrutura a montar, adoptar:
 - O(s) procedimento(s) de montagem que tecnicamente melhor se adequem às características da estrutura a montar ou instalar, e que contenham as medidas que minimizem os riscos de segurança e os impactos ambientais.
- Para cada tipo de estrutura a desmontar, adoptar:
 - O(s) procedimento(s) de desmontagem que tecnicamente melhor se adequem às características da estrutura a desmontar ou desinstalar, e que contenham as medidas que minimizem os riscos de segurança e os impactos ambientais.
- Para as operações de montagem e/ou desmontagem previstas para cada estrutura, seleccionar e afectar os meios e recursos (humanos e materiais) mais adequados:
 - Ao cumprimento do(s) procedimento(s) de montagem e/ou desmontagem adoptado(s).
 - Às características do local (e.g. condições de terreno, tipo de relevo, clima predominante, entre outras eventuais) onde determinada estrutura terá de ser montada/desmontada.
 - Ao cumprimento do(s) tempo(s) pretendido(s) para o início e fim da montagem e/ou desmontagem da estrutura.
- Coordenar a afectação/alocação temporal dos meios, recursos e procedimentos mais adequados durante a realização do serviço, atendendo à sequência com que as operações de montagem e/ou desmontagem devem ocorrer (esta sequência de operações é determinada pela função de comando e controlo de tipo I, FR₃).

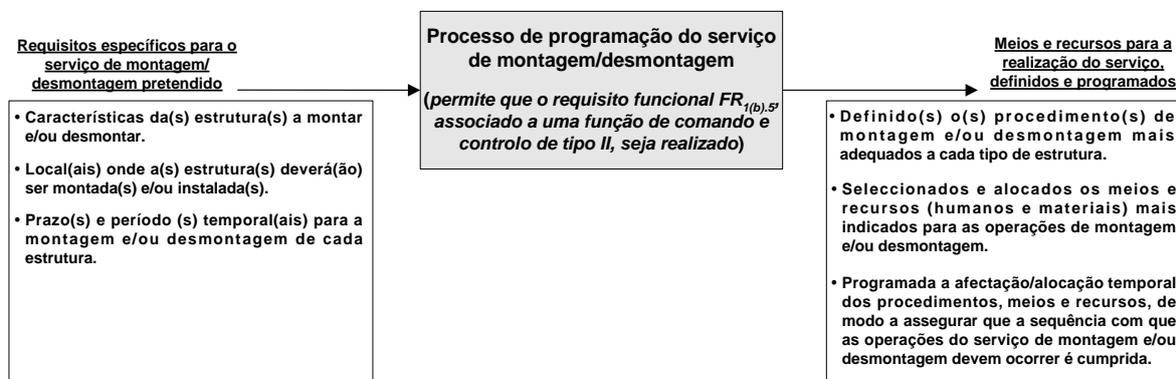


Figura XX.8 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de montagem/desmontagem prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas.

c) Decomposição se DP_{1c} (serviços de logística de valor acrescentado) for seleccionado:

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1(c).1} = Realizar correctamente as operações relacionadas com o processamento de artigos ou mercadorias.
- FR_{1(c).2} = Realizar correctamente as operações de distribuição necessárias ao evento ou campanha.
- FR_{1(c).3} = Realizar correctamente as operações de mudança/movimentação dos bens pretendidos.
- FR_{1(c).4} = Efectuar os serviços logísticos de valor acrescentado no(s) local(ais) requerido(s).

- $FR_{1(c).5}$ = Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço de logística de valor acrescentado contratado.
- $FR_{1(c).6}$ = Programar a realização do serviço de logística de valor acrescentado pretendido.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XX.10 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1 - DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1c} .

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais						
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	$FR_{1(c).1}$	$FR_{1(c).2}$	$FR_{1(c).3}$	$FR_{1(c).4}$	$FR_{1(c).5}$	$FR_{1(c).6}$	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)									
Constrangimentos de interface (Interface constraints)									
C1c-1	C-11	Adequar as soluções logísticas de valor acrescentado a adoptar às especificidades técnicas das operações requeridas	X	X	X			X	Inspeção/Observação
C1c-2	C-10	Adequar as soluções logísticas de valor acrescentado a adoptar às características dos locais onde as operações associadas à prestação do serviço devem ter lugar				X		X	Inspeção/Observação
C1c-3	C-12	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo no contacto com o cliente					X		Inspeção/Observação
C1c-4	C-13	Permitir rastrear a execução do serviço logístico de valor acrescentado contratado					X	X	Inspeção/Observação
C1c-5	C-14	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho nas operações logísticas de valor acrescentado	X	X	X			X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)									
C1c-6	C-15	Poder efectuar serviços logísticos de valor acrescentado em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1c-7	C-16	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT para os serviços logísticos de valor acrescentado	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1c-8	C-17	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1c-9	C-18	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços logísticos de valor acrescentado	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)									
C1c-10	C-19	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)									

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi verificada a consistência dos seis sub-FRs definidos ($FR_{1(c).1}$ a $FR_{1(c).6}$) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1), utilizando as regras incorporadas no MDCV, nomeadamente:

- Todas as potenciais fontes conducentes à formulação dos FRs situados no nível 2 foram consideradas, tendo sido respeitada a ordem de importância dessas fontes. A(s) fonte(s) que deu(deram) origem a cada um desses FRs encontra(m)-se indicada(s) no quadro XX.11.
- Os quatro primeiros FRs ($FR_{1(c).1}$ a $FR_{1(c).4}$), que foram definidos a partir do DP parental directo (DP_{1b}), correspondem a funções básicas desse mesmo DP_{1c} .
- O quinto FR ($FR_{1(c).5}$) visa assegurar que o sistema de *Customer Service* da TNT, incluído no elemento de solução DP_4 (ver quadro 7.6 da tese), fornece o apoio/suporte ao cliente nos serviços logísticos de valor acrescentado prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas. Assim, o $FR_{1(c).5}$ deriva do elemento de solução DP_4 , o qual satisfaz a função de suporte e integração FR_4 .
- Os primeiros três FRs ($FR_{1(c).1}$, $FR_{1(c).2}$ e $FR_{1(c).3}$) obedecem à lógica “Como-Porquê” relativamente ao seu FR parental (FR_1), sendo por isso designadas de funções dependentes.
- A especificação crítica de desempenho aplicável aos serviços complementares de valor acrescentado (C-8), incluída no conjunto inicial de constrangimentos (ver quadro 7.5 da tese), foi desdobrada nos primeiros quatro FRs ($FR_{1(c).1}$ a $FR_{1(c).4}$).
- O constrangimento de interface C-13 (ver quadro 7.5 da tese), para além de ter sido refinado (ver quadro XX.10), de modo a ser enquadrado nos serviços logísticos de valor acrescentado, contribuiu para que fosse formulado o requisito funcional $FR_{1(c).5}$, no que diz respeito à necessidade de disponibilização de soluções de *tracking* para este tipo de serviços.
- Os constrangimentos de interface C-10 e C-11 (ver quadro 7.5 da tese), para além de terem sido refinados (ver quadro XX.10) contribuíram para que fosse formulado o requisito funcional $FR_{1(c).6}$, associado a uma função de comando e controlo de tipo II.

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{1(c).1} = Soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias, dirigidas para eventos e campanhas.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de processamento requeridas.
- DP_{1(c).2} = Soluções logísticas de distribuição (pós-transporte) dirigidas para eventos e campanhas.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de distribuição em massa e/ou de distribuição personalizada requeridas.
- DP_{1(c).3} = Soluções logísticas de mudança/movimentação *in-house*.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de movimentação/mudança requeridas, entre diferentes pontos situados no espaço (interior e/ou exterior) afecto ao evento ou campanha.
- DP_{1(c).4} = Descritivo sobre a localização de realização das operações logísticas de valor acrescentado.
 - Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. endereços, mapas, plantas, fotografias, e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser realizada(s) a(s) operação(ões) de processamento, distribuição, e/ou mudança/movimentação.
- DP_{1(c).5} = Sistema TNT CS (*Customer Service*) para os serviços de logística de valor acrescentado (inclui *Manager Account* e os meios de *track & trace* da TNT nesta área).
- DP_{1(c).6} = Processo de programação do serviço de logística de valor acrescentado.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.11 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR₁-DP₁, quando a escolha para o elemento de solução DP₁ recair sobre o DP_{1c}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental					Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental					
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP			
FR ₁	Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte				Serviços especiais complementares ao transporte para eventos/campanhas (<i>Logística de valor acrescentado</i>)	DP _{1c}	Tipo II			
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais				Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação	Efeito						
FR _{1(e).1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1c} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações relacionadas com o processamento de artigos ou mercadorias	Soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias, dirigidas para eventos e campanhas Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de processamento requeridas	DP _{1(e).1}	Tipo III	
FR _{1(e).2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1c} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações de distribuição necessárias ao evento ou campanha	Soluções logísticas de distribuição (pós-transporte) dirigidas para eventos e campanhas Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de distribuição em massa e/ou de distribuição personalizada requeridas	DP _{1(e).2}	Tipo III	
FR _{1(e).3}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1c} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações de mudança/movimentação dos bens pretendidos	Soluções logísticas de mudança/movimentação <i>in-house</i> Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de movimentação/mudança requeridas, entre diferentes pontos situados no espaço (interior e/ou exterior) afecto ao evento ou campanha	DP _{1(e).3}	Tipo III	
FR _{1(e).4}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1c} , C-8	Efectuar os serviços logísticos de valor acrescentado no(s) local(ais) requerido(s)	Descritivo sobre a localização de realização das operações logísticas de valor acrescentado Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. endereços, mapas, plantas, fotografias, e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser realizada(s) a(s) operação(ões) de processamento, distribuição, e/ou de mudança/movimentação	DP _{1(e).4}	Tipo IV	
FR _{1(e).5}	Estima	Suporte	Processo	Útil	DP ₁ , C-13	Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço de logística de valor acrescentado contratado	Sistema TNT CS (<i>Customer Service</i>) para os serviços de logística de valor acrescentado (inclui <i>Manager Account</i> e os meios de <i>track & trace</i> da TNT nesta área)	DP _{1(e).5}	Tipo III	
FR _{1(e).6}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo II)	Útil	C-10, C-11	Programar a realização do serviço de logística de valor acrescentado pretendido	Processo de programação do serviço de logística de valor acrescentado	DP _{1(e).6}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{Bmatrix} FR_{1(c).1} \\ FR_{1(c).2} \\ FR_{1(c).3} \\ FR_{1(c).4} \\ FR_{1(c).5} \\ FR_{1(c).6} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & X & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{1(c).1} \\ DP_{1(c).2} \\ DP_{1(c).3} \\ DP_{1(c).4} \\ DP_{1(c).5} \\ DP_{1(c).6} \end{Bmatrix} \quad (XX.4)$$

Principais notas interpretativas acerca desta matriz de projecto:

- O serviço de logística de valor acrescentado incorpora três classes de operações (i.e. três tipos de subserviços). Para satisfazer o pedido do cliente, consoante o conteúdo desse pedido, o serviço a prestar incluirá a realização de operações que se inserem apenas numa, em duas ou nas três classes. Os três tipos de subserviços previstos são os seguintes:
 - Processamento de artigos ou mercadorias ($FR_{1(c).1}$) no complemento ao transporte.
 - Operações de distribuição pós-transporte de artigos ($FR_{1(c).2}$), no contexto de eventos e/ou campanhas promocionais.
 - Operações de mudança ou movimentação de bens/produtos ($FR_{1(c).3}$) entre pontos diferentes do espaço afecto ao evento ou campanha.
- São primeiramente definidas as soluções logísticas de manuseamento e tratamento de mercadorias ($DP_{1(c).1}$). Algumas destas soluções, nomeadamente aquelas dirigidas para as operações de etiquetagem e rotulagem, de embalagem e/ou de formação de conjuntos (*kits & packs*) com carácter promocional, entre outras, são susceptíveis de também impactar a realização das operações de distribuição ($FR_{1(c).2}$). As decisões em torno do elemento de solução $DP_{1(c).1}$, podem também influenciar a realização das operações de mudança/movimentação de artigos, requeridas no seio do $FR_{1(c).3}$, uma vez que essas operações podem depender de factores, tais como o tipo de embalagem usado, entre outros eventuais.
- Após serem definidas as soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos e mercadorias, são tomadas as decisões relativamente às soluções de distribuição³⁶ ($DP_{1(c).2}$) e às de mudança *in-house* ($DP_{1(c).3}$). Em conjunto com a TNT, concluiu-se que as decisões, relativamente a estes dois DPs, podem ser tomadas de forma independente.
- Uma vez definidas as soluções logísticas de valor acrescentado ($DP_{1(c).1}$, $DP_{1(c).2}$ e $DP_{1(c).3}$), é preparado o descritivo ($DP_{1(c).4}$) sobre o(s) local(ais) onde terá(ão) lugar as operações de processamento, distribuição e/ou mudanças/movimentação.
- Através do sistema de *Customer Service* (CS) da TNT, que inclui um *Manager Account* (colaborador da TNT dedicado à prestação de apoio ao cliente) e o sistema de *tracking & trace* do serviço de logística de valor acrescentado ($DP_{1(c).5}$), o quinto requisito funcional ($FR_{1(c).5}$), que tem um carácter de suporte, é assim satisfeito.
- Finalmente, o sexto requisito funcional ($FR_{1(c).6}$), associado a uma função de comando e controlo de tipo II, é responsável pela selecção das melhores soluções logísticas, a considerar para os elementos de solução $DP_{1(c).1}$, $DP_{1(c).2}$ e $DP_{1(c).3}$, atendendo aos requisitos aplicáveis ao serviço logístico de valor acrescentado pretendido pelo cliente. O processo de programação do serviço de logística de valor acrescentado ($DP_{1(c).6}$) foi o elemento de solução escolhido para realizar o $FR_{1(c).6}$. A selecção das soluções logísticas é feita de forma programada, de acordo com a sequência temporal com que as operações devem ocorrer (essa sequência foi determinada pela função de comando e controlo de tipo I, associado ao FR_3).

³⁶ Estas soluções de distribuição referem-se às actividades de *marketing* e promoção que ocorrem após o transporte ter ocorrido. As actividades de transporte incluem-se nos serviços de transporte, detalhados ao longo do ramo referente ao nó FR_2 - DP_2 .

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo II, FR_{1(c).6}:

O requisito funcional FR_{1(c).6} encontra-se associado a uma função de comando e controlo de tipo II, a qual é assegurada pelo processo de programação do serviço de logística de valor acrescentado. Cabe a esta função o seguinte:

- Analisar o pedido do cliente relativamente ao serviço logístico de valor acrescentado a prestar e determinar qual(ais) o(s) tipo(s) de subserviço(s) aplicável(eis):
 - Processamento de artigos ou mercadorias (FR_{1(c).1}),
 - distribuição (pós-transporte) de artigos (FR_{1(c).2}), e/ou
 - mudanças ou movimentação de bens (FR_{1(c).3}).
- Relativamente a FR_{1(c).1}, determinar:
 - O(s) tipo(s) de operação(ões) de processamento pretendido(s) pelo cliente. As possíveis operações são tipificadas do seguinte modo:
 - Pré-evento/pré-campanha – Inclui operações de: compra/aquisição de produtos; recepção, desembalamento e/ou conferência de encomendas; etiquetagem ou rotulagem de artigos recepcionados; formação de conjuntos (*kits*) e/ou pacotes promocionais (*packs*); condensação ou grupagem de produtos; e/ou outras operações eventuais.
 - Durante o evento/campanha – Inclui operações de: embalamento e/ou desembalamento no decorrer do evento/campanha; etiquetagem/rotulagem de artigos no decorrer do evento/campanha; compra, recepção e/ou conferência de produtos no decurso do evento ou campanha; formação de *kits* e *packs* no decorrer do evento ou campanha; e/ou outras operações eventuais.
 - Pós-evento/pós-campanha – Inclui operações de: recolha e/ou triagem de artigos; empacotamento e/ou embalamento de artigos no final do evento ou campanha; etiquetagem de artigos e/ou embalagens para expedição; cintagem de volumes; e/ou outras operações eventuais.
 - Os requisitos técnicos e as regras procedimentais especificados para cada tipo de operação pretendida.
 - O(s) artigo(s) e/ou mercadoria(s) envolvido(s) em cada tipo de operação e respectivas quantidades a processar.
 - As características de manuseamento de cada tipo de artigo e/ou mercadoria.
 - O(s) período(s) temporal(ais) ou prazo(s) requerido(s) para a realização de cada uma das operações de processamento.
- Relativamente a FR_{1(c).2}, determinar:
 - O(s) tipo(s) de operação(ões) de distribuição pretendido(s) pelo cliente. As possíveis operações são tipificadas do seguinte modo:
 - Pré-evento/pré-campanha – Inclui operações de: distribuição de panfletos e/ou de outro material de promoção/divulgação; distribuição de bilhetes ou ingressos; e/ou outras operações eventuais.
 - Durante o evento/campanha – Inclui operações de: distribuição *in-house* numa feira ou exposição; distribuição de *kits* e *packs* de brindes num evento ou campanha; acções de *sampling*; acções coordenadas de *marketing* de produto envolvendo artigos de *merchandising*; e/ou outras operações eventuais.
 - Pós-evento/pós-campanha – Inclui operações de: distribuição do material sobranate do evento ou campanha; distribuição de artigos relacionados com o *follow-up* do evento ou campanha; e/ou outras operações eventuais.
 - Os requisitos ou regras procedimentais aplicáveis a cada tipo de operação pretendida
 - Qual(ais) o(s) tipo(s) de artigo(s) envolvido(s), suas características de manuseamento e quantidades a distribuir.

- As características do(s) local(ais) onde as operações de distribuição deverá(ão) ocorrer.
- O(s) período(s) temporal(ais) ou prazo(s) requerido(s) para a realização de cada uma das operações de distribuição.
- Relativamente a $FR_{1(c).3}$, determinar:
 - O(s) bem(ens) envolvido(s) em cada operação de movimentação e/ou mudança, juntamente com as respectivas características e propriedades.
 - Os requisitos e as regras de manuseamento a considerar para cada tipo de bem, atendendo às suas características e propriedades.
 - As quantidades de cada tipo de bem a movimentar.
 - O(s) local(ais) onde as operações de mudança/movimentação deverá(ão) ocorrer e suas características.
 - O(s) período(s) temporal(ais) e prazo(s) requerido(s) para a realização de cada uma das operações de mudança/movimentação.
- Face aos requisitos aplicáveis a $FR_{1(c).1}$, seleccionar/definir o melhor conjunto de soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias; em concreto, definir:
 - O(s) procedimento(s) operacional(ais) que melhor assegura(m) a realização de uma determinada operação de processamento requerida pelo serviço, ocorra esta antes, durante ou após o evento ou campanha.
 - Os métodos e práticas de manuseamento a adoptar, inerentes a tal(ais) procedimento(s), que assegurem a preservação e integridade do(s) artigo(s) ou mercadoria(s).
 - As medidas a adoptar, no cumprimento de tal(ais) procedimento(s), que minimizem os riscos de segurança e os impactos ambientais causados.
 - Os meios e recursos (humanos e materiais) a mobilizar para efectivar a execução do(s) procedimento(s).
- Face aos requisitos aplicáveis a $FR_{1(c).2}$, seleccionar/definir o melhor conjunto de soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias; em concreto, definir:
 - O(s) procedimento(s) operacional(ais) que melhor assegure(m) a realização de uma determinada operação de distribuição requerida pelo serviço, ocorra esta antes, durante ou após o evento ou campanha.
 - Os métodos e práticas de manuseamento a adoptar, inerentes a tal(ais) procedimento(s), que assegurem a preservação e integridade do(s) artigo(s) distribuído(s).
 - As medidas a adoptar, no cumprimento de tal(ais) procedimento(s), que minimizem os riscos de segurança e os impactos ambientais causados.
 - Os meios e recursos (humanos e materiais) a mobilizar para efectivar a execução do(s) procedimento(s), entrando também em linha de conta com as característica(s) do(s) local(ais) onde as operações de distribuição terá(ão) lugar.
- Face aos requisitos aplicáveis a $FR_{1(c).3}$, seleccionar/definir o melhor conjunto de soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias; em concreto, definir:
 - O(s) procedimento(s) operacional(ais) que melhor assegure(m) a realização de uma determinada operação de movimentação ou mudança requerida pelo serviço, ocorra esta antes, durante ou após o evento ou campanha.
 - Os métodos e práticas de manuseamento a adoptar, inerentes a tal(ais) procedimento(s), que assegurem a preservação e integridade do(s) bem(ens) movimentado(s).
 - As medidas a adoptar, no cumprimento de tal(ais) procedimento(s), que minimizem os riscos de segurança e os impactos ambientais causados.
 - Os meios e recursos (humanos e materiais) a mobilizar para efectivar a execução do(s) procedimento(s), entrando também em linha de conta com as característica(s) do(s) local(ais) onde as operações de movimentação/mudança terá(ão) lugar.

- Coordenar a afectação/alocação temporal das soluções logísticas (na forma de procedimento(s) a adoptar e dos meios e recursos a utilizar) mais adequadas à prestação do serviço, de modo a satisfazer a sequência com que as operações de valor acrescentado devem ocorrer (esta sequência de operações é determinada pela função de comando e controlo de tipo I, FR₃).

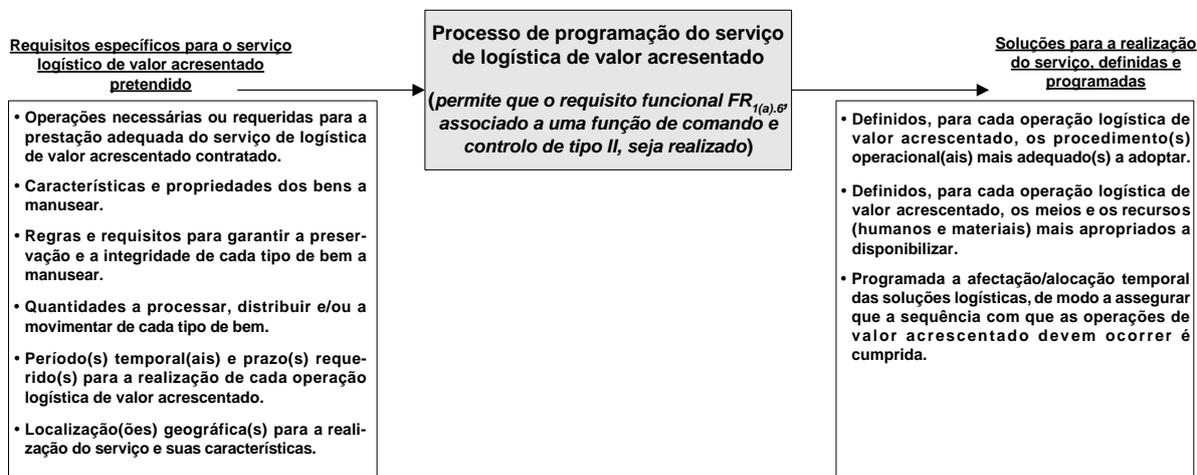


Figura XX.9 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de logística de valor acrescentado prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas.

d) Decomposição se DP_{1d} (serviços de armazenagem + montagem/desmontagem) for seleccionado:

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1(d),1} = Realizar correctamente todas as operações de montagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
- FR_{1(d),2} = Realizar correctamente todas as operações de desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
- FR_{1(d),3} = Efectuar o armazenamento na(s) localização(ões) requerida(s).
- FR_{1(d),4} = Acondicionar em boas condições todos os artigos/bens armazenados.
- FR_{1(d),5} = Efectuar a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) no(s) local(ais) requerido(s).
- FR_{1(d),6} = Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço (armazenagem + montagem / desmontagem) contratado.
- FR_{1(d),7} = Programar a realização do serviço (armazenagem + montagem/desmontagem) pretendido.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XX.12 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1 - DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1d} .

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais							Verificação
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	$FR_{1(d),1}$	$FR_{1(d),2}$	$FR_{1(d),3}$	$FR_{1(d),4}$	$FR_{1(d),5}$	$FR_{1(d),6}$	$FR_{1(d),7}$	
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)										
Constrangimentos de interface (Interface constraints)										
C1d-1	C-11	Adequar os meios e as condições de acondicionamento às características e especificidades dos bens/artigos armazenados				X			X	Inspeção/Observação
C1d-2	C-10	Adequar os meios de armazenagem temporária às características dos locais onde esses serviços devem ter lugar			X	X			X	Inspeção/Observação
C1d-3	C-11	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades técnicas das estruturas a montar, instalar e/ou construir	X						X	Inspeção/Observação
C1d-4	C-11	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades técnicas das estruturas a desmontar, desinstalar e/ou demolir		X					X	Inspeção/Observação
C1d-5	C-10	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades dos locais onde as operações de montagem e/ou desmontagem devem ter lugar	X	X			X			Inspeção/Observação
C1d-6	C-12	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo no contacto com o cliente						X		Inspeção/Observação
C1d-7	C-13	Permitir rastrear a execução dos serviços de armazenagem e de montagem/desmontagem						X	X	Inspeção/Observação
C1d-8	C-14	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das operações de armazenagem e de montagem/desmontagem	X	X	X	X	X		X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)										
C1d-9	C-15	Poder efectuar os serviços de armazenagem e de montagem/desmontagem em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1d-10	C-16	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT para os serviços de armazenagem e de montagem/desmontagem pretendidos	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1d-11	C-17	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1d-12	C-18	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de armazenagem e de montagem/desmontagem	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)										
C1d-13	C-19	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)										

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi verificada a consistência dos sete sub-FRs definidos ($FR_{1(d),1}$ a $FR_{1(d),7}$) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1), utilizando para tal as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um dos FRs situados neste nível 2 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.13).

Parâmetros de projecto definidos:

- $DP_{1(d),1}$ = Procedimentos, meios e recursos para a montagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
 - Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar dependem do(s) tipo(s) de estrutura(s) a montar ou instalar.
- $DP_{1(d),2}$ = Procedimentos, meios e recursos para a desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
 - Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar dependem do(s) tipo(s) de estrutura(s) a desmontar ou desinstalar.
- $DP_{1(d),3}$ = Espaço(s) de armazenagem.
 - Pode incluir armazém(éns) próprio(s) da TNT (DEPOT), armazém(éns) arrendado(s) e/ou armazém(éns) temporário(s).
- $DP_{1(d),4}$ = Condições de armazenagem que garantam a preservação e integridade dos bens/artigos armazenados.
 - São definidas em termos de: condições ambientais, físicas e de segurança a manter no espaço de armazenagem, meios e equipamentos a disponibilizar, recursos humanos a afectar, procedimentos de manuseamento e acondicionamento a adoptar, volume de armazenamento a disponibilizar para cada tipo de artigo.
- $DP_{1(d),5}$ = Descritivo sobre a localização de realização das operações de montagem e/ou desmontagem.

- Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. mapas, fotografias, plantas, indicações escritas e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser montada(s) e/ou desmontada(s) a(s) estrutura(s) pretendida(s).
- DP_{1(d),6} = Sistema TNT CS (*Customer Service*) para os serviços de armazenagem e de montagem / desmontagem (inclui *Manager Account* e os meios de *track & trace* da TNT nestas áreas).
- DP_{1(d),7} = Processos de programação do serviço de armazenagem e do serviço de montagem/desmontagem.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.13 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR₁-DP₁, quando a escolha para o elemento de solução DP₁ recair sobre o DP_{1d}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental						Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR ₁	Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte					Serviços especiais complementares ao transporte para eventos/campanhas (<i>Armazenagem + Montagem/desmontagem</i>)	DP _{1d}	Tipo II		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais			Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							
FR _{1(d),1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1d} , FR ₁ , C-7	Realizar correctamente todas as operações de montagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)	Procedimentos, meios e recursos para a montagem da(s) estrutura(s) pretendida(s) Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar dependem do(s) tipo(s) de estrutura(s) a montar ou instalar.	DP _{1(d),1}	Tipo III	
FR _{1(d),2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1d} , FR ₁ , C-7	Realizar correctamente todas as operações de desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)	Procedimentos, meios e recursos para a desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s) Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar dependem do(s) tipo(s) de estrutura(s) a desmontar ou desinstalar	DP _{1(d),2}	Tipo III	
FR _{1(d),3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1d} , C-6	Efectuar o armazenamento na(s) localização(ões) requerida(s)	Espaço(s) de armazenagem Pode incluir armazém(éns) próprio(s) da TNT (<i>DEPOT</i>), armazém(éns) arrendado(s) e/ou armazém(éns) temporário(s)	DP _{1(d),3}	Tipo IV	
FR _{1(d),4}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1d} , FR ₁ , C-6	Acondicionar em boas condições todos os artigos/bens armazenados	Condições de armazenagem que garantam a preservação e integridade dos bens/artigos armazenados São definidas em termos de: condições ambientais, físicas e de segurança a manter no espaço de armazenagem, meios e equipamentos a disponibilizar, recursos humanos a afectar, procedimentos de manuseamento e acondicionamento a adoptar, volume de armazenamento a disponibilizar para cada tipo de artigo	DP _{1(d),4}	Tipo III	
FR _{1(d),5}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1d} , C-7	Efectuar a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) no(s) local(ais) requerido(s)	Descritivo sobre a localização de realização das operações de montagem e/ou desmontagem Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. mapas, fotografias, plantas, indicações escritas e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser montada(s) e/ou desmontada(s) a(s) estrutura(s) pretendida(s)	DP _{1(d),5}	Tipo IV	
FR _{1(d),6}	Estima	Suporte	Processo	Útil	DP _{1d} , C-13	Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço (armazenagem + montagem / desmontagem) contratado	Sistema TNT CS (<i>Customer Service</i>) para os serviços de armazenagem e de montagem/desmontagem (inclui <i>Manager Account</i> e os meios de <i>track & trace</i> da TNT nestas áreas)	DP _{1(d),6}	Tipo III	
FR _{1(d),7}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo II)	Útil	C-10, C-11	Programar a realização do serviço (armazenagem + montagem / desmontagem) pretendido	Processos de programação do serviço de armazenagem e do serviço de montagem/desmontagem	DP _{1(d),7}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{Bmatrix} FR_{1(d),1} \\ FR_{1(d),2} \\ FR_{1(d),3} \\ FR_{1(d),4} \\ FR_{1(d),5} \\ FR_{1(d),6} \\ FR_{1(d),7} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & 0 & X & X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & X & X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{1(d),1} \\ DP_{1(d),2} \\ DP_{1(d),3} \\ DP_{1(d),4} \\ DP_{1(d),5} \\ DP_{1(d),6} \\ DP_{1(d),7} \end{Bmatrix} \tag{XX.5}$$

Principais notas interpretativas acerca desta matriz de projecto:

- São primeiramente definidos os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a mobilizar para o serviço de montagem (DP_{1(d),1}) e/ou desmontagem (DP_{1(d),2}) da(s) estrutura(s) requerida(s) pelo cliente. Estes dois elementos de solução satisfazem de forma independente os correspondentes requisitos funcionais (i.e. FR_{1(d),1} e FR_{1(d),2}).

- Os tipos de procedimentos, meios e recursos escolhidos ($DP_{1(d),1}$ e $DP_{1(d),2}$) também impactam a capacidade de realizar com êxito a montagem e/ou desmontagem no(s) local(ais) requerido(s) (i.e. $FR_{1(d),5}$).
- Os procedimentos, meios e recursos escolhidos para a montagem ($DP_{1(d),1}$) de uma estrutura, caso esta corresponda a um espaço de armazenagem temporário, têm influência sobre a capacidade de satisfazer os requisitos funcionais $FR_{1(d),3}$ e $FR_{1(d),4}$.
- A escolha do(s) espaço(s) de armazenagem ($DP_{1(d),3}$) é feita atendendo à(s) localização(ões) pretendida(s) para as actividades de armazenagem ($FR_{1(d),3}$). Seguidamente, são definidas as condições ($DP_{1(d),4}$) para cada espaço de armazenagem, de maneira a garantir um adequado acondicionamento e preservação dos artigos que o cliente pretende ver armazenados ($FR_{1(d),4}$).
- Uma vez definidos os procedimentos, meios e recursos a afectar ao serviço de montagem e/ou desmontagem, é preparado o descritivo sobre a localização de realização das operações inerentes à prestação desse serviço ($DP_{1(d),5}$).
- Através do sistema de *Customer Service* (CS) da TNT, que inclui um *Manager Account* (colaborador da TNT dedicado à prestação de apoio ao cliente) e o sistema de *tracking & trace* dos serviços de armazenagem e de montagem/desmontagem ($DP_{1(d),6}$), o sexto requisito funcional ($FR_{1(d),6}$), que tem um carácter de suporte, é assim satisfeito.
- Finalmente, o sétimo requisito funcional ($FR_{1(d),7}$), associado a uma função de comando e controlo de tipo II, é responsável pela selecção dos procedimentos, meios e recursos mais adequados às especificidades do serviço de montagem/desmontagem a prestar, bem como dos espaços e das condições de armazenagem mais apropriados a disponibilizar, tendo em vista a satisfação dos requisitos aplicáveis ao serviço de armazenagem pretendido. Essa selecção é feita de forma programada, de acordo com a sequência temporal com que as operações de armazenagem e de montagem e/ou desmontagem devem ocorrer (essa sequência foi determinada pela função de comando e controlo de tipo I, associado ao FR_3).

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo II, $FR_{1(d),7}$:

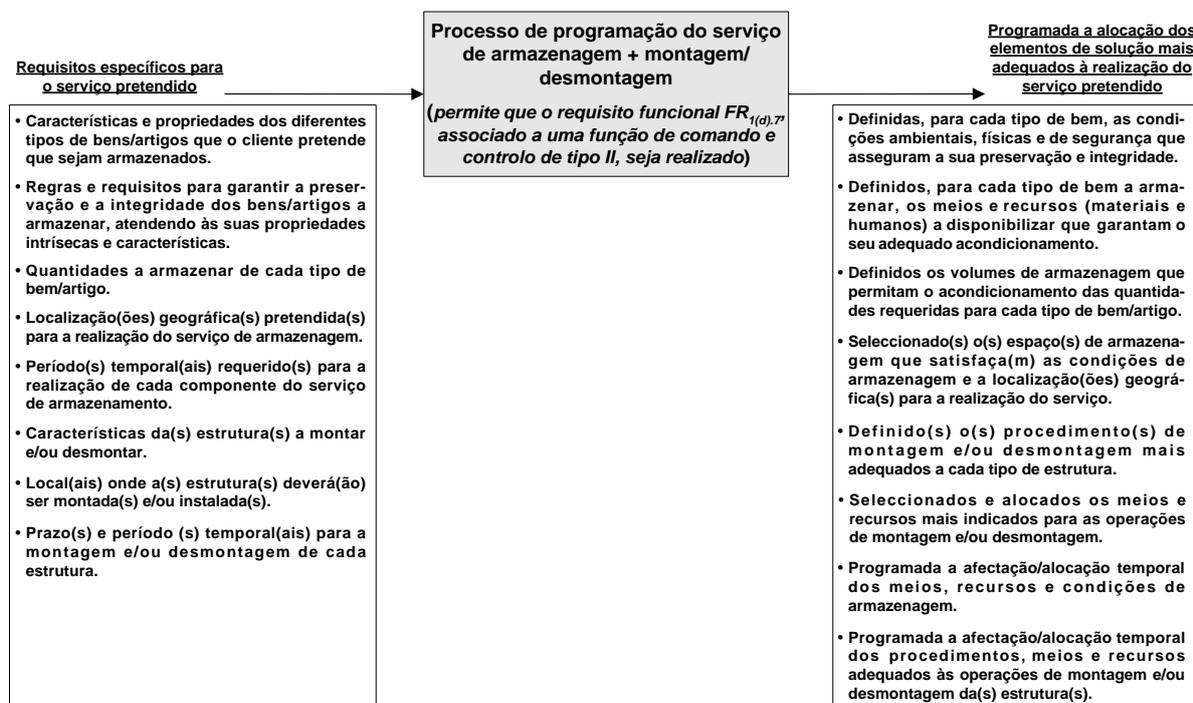


Figura XX.10 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de armazenagem e de montagem/desmontagem prestados no TNT Eventos e Campanhas.

e) Decomposição se DP_{1e} (serviços de armazenagem + logística de valor acrescentado) for seleccionado:

Requisitos funcionais definidos:

- $FR_{1(e).1}$ = Realizar correctamente as operações relacionadas com o processamento de artigos ou mercadorias.
- $FR_{1(e).2}$ = Realizar correctamente as operações de mudança/movimentação dos bens pretendidos.
- $FR_{1(e).3}$ = Efectuar o armazenamento na(s) localização(ões) requerida(s).
- $FR_{1(e).4}$ = Acondicionar em boas condições todos os artigos/bens armazenados.
- $FR_{1(e).5}$ = Realizar correctamente as operações de distribuição necessárias ao evento ou campanha.
- $FR_{1(e).6}$ = Efectuar os serviços logísticos de valor acrescentado no(s) local(ais) requerido(s).
- $FR_{1(e).7}$ = Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço (armazenagem + logística de valor acrescentado) contratado.
- $FR_{1(e).8}$ = Programar a realização do serviço (armazenagem + logística de valor acrescentado) pretendido.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XX.14 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1 - DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1e} .

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais								Verificação
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	$FR_{1(e).1}$	$FR_{1(e).2}$	$FR_{1(e).3}$	$FR_{1(e).4}$	$FR_{1(e).5}$	$FR_{1(e).6}$	$FR_{1(e).7}$	$FR_{1(e).8}$	
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)											
Constrangimentos de interface (Interface constraints)											
C1e-1	C-11	Adequar os meios e as condições de acondicionamento às características e especificidades dos bens/artigos armazenados				X				X	Inspeção/Observação
C1e-2	C-10	Adequar os meios de armazenagem temporária às características dos locais onde esses serviços devem ter lugar			X	X				X	Inspeção/Observação
C1e-3	C-11	Adequar as soluções logísticas de valor acrescentado a adoptar às especificidades técnicas das operações requeridas	X	X			X			X	Inspeção/Observação
C1e-4	C-10	Adequar as soluções logísticas de valor acrescentado a adoptar às características dos locais onde as operações associadas à prestação do serviço devem ter lugar						X		X	Inspeção/Observação
C1e-5	C-12	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo no contacto com o cliente							X		Inspeção/Observação
C1e-6	C-13	Permitir rastrear a execução dos serviços de armazenagem e de logística de valor acrescentado							X	X	Inspeção/Observação
C1e-7	C-14	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das operações de armazenagem e de logística de valor acrescentado	X	X	X	X	X	X		X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)											
C1e-8	C-15	Poder efectuar os serviços de armazenagem e logística de valor acrescentado em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1e-9	C-16	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT para os serviços de armazenagem e de logística de valor acrescentado pretendidos	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1e-10	C-17	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1e-11	C-18	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de armazenagem e de logística de valor acrescentado	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)											
C1e-12	C-19	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)											

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi verificada a consistência dos oito sub-FRs definidos ($FR_{1(e).1}$ a $FR_{1(e).8}$) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1), utilizando para tal as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um dos FRs situados neste nível 2 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.15).

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{1(e).1} = Soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias, dirigidas para eventos e campanhas.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de processamento requeridas.
- DP_{1(e).2} = Soluções logísticas de mudança/movimentação *in-house*.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de movimentação/mudança, entre diferentes pontos situados no espaço (interior e/ou exterior) afecto ao evento ou campanha, requeridas.
- DP_{1(e).3} = Espaço(s) de armazenagem.
 - Pode incluir armazém(éns) próprio(s) da TNT (DEPOT), armazém(éns) arrendado(s) e/ou armazém(éns) temporário(s).
- DP_{1(e).4} = Condições de armazenagem que garantam a preservação e integridade dos bens/artigos armazenados.
 - São definidas em termos de: condições ambientais, físicas e de segurança a manter no espaço de armazenagem, meios e equipamentos a disponibilizar, recursos humanos a afectar, procedimentos de manuseamento e acondicionamento a adoptar, volume de armazenamento a disponibilizar para cada tipo de artigo.
- DP_{1(e).5} = Soluções logísticas de distribuição (pós-transporte) dirigidas para eventos e campanhas.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de distribuição em massa e/ou de distribuição personalizada requeridas.
- DP_{1(e).6} = Descritivo sobre a localização de realização das operações logísticas de valor acrescentado.
 - Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. endereços, mapas, plantas, fotografias, e/ou outros eventuais documento(s) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser realizada(s) a(s) operação(ões) de processamento, distribuição, e/ou de mudança/movimentação.
- DP_{1(e).7} = Sistema TNT CS (*Customer Service*) para os serviços de armazenagem e de logística de valor acrescentado (inclui *Manager Account* e os meios de *track & trace* da TNT nestas áreas).
- DP_{1(e).8} = Processos de programação do serviço de armazenagem e do serviço de logística de valor acrescentado.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.15 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR₁-DP₁, quando a escolha para o elemento de solução DP₁ recair sobre o DP_{1e}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental					Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental					
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP			
FR ₁	Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte				Serviços especiais complementares ao transporte para eventos/campanhas (Armazenagem + Logística valor acrescentado)	DP _{1e}	Tipo II			
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais			Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							
FR _{1(e).1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1e} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações relacionadas com o processamento de artigos ou mercadorias	Soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias, dirigidas para eventos e campanhas Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de processamento requeridas	DP _{1(e).1}	Tipo III	
FR _{1(e).2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1e} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações de mudança/movimentação dos bens pretendidos	Soluções logísticas de mudança/movimentação <i>in-house</i> Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de movimentação/mudança, entre diferentes pontos situados no espaço (interior e/ou exterior) afecto ao evento ou campanha, requeridas	DP _{1(e).2}	Tipo III	
FR _{1(e).3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1e} , C-6	Efectuar o armazenamento na(s) localização(ões) requerida(s)	Espaço(s) de armazenagem Pode incluir armazém(éns) próprio(s) da TNT (DEPOT), armazém(éns) arrendado(s) e/ou armazém(éns) temporário(s)	DP _{1(e).2}	Tipo IV	
FR _{1(e).4}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1e} , FR ₁ , C-6	Acondicionar em boas condições todos os artigos/bens armazenados	Condições de armazenagem que garantam a preservação e integridade dos bens/artigos armazenados São definidas em termos de: condições ambientais, físicas e de segurança a manter no espaço de armazenagem, meios e equipamentos a disponibilizar, recursos humanos a afectar, procedimentos de manuseamento e acondicionamento a adoptar, volume de armazenagem a disponibilizar para cada tipo de artigo	DP _{1(e).4}	Tipo III	
FR _{1(e).5}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1e} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações de distribuição necessárias ao evento ou campanha	Soluções logísticas de distribuição (pós-transporte) dirigidas para eventos e campanhas Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de distribuição em massa e/ou de distribuição personalizada requeridas	DP _{1(e).5}	Tipo III	
FR _{1(e).6}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1e} , C-8	Efectuar os serviços logísticos de valor acrescentado no(s) local(ais) requerido(s)	Descritivo sobre a localização de realização das operações logísticas de valor acrescentado Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. endereços, mapas, plantas, fotografias, e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser realizada(s) a(s) operação(ões) de processamento, distribuição, e/ou de mudança/movimentação	DP _{1(e).6}	Tipo IV	
FR _{1(e).7}	Estima	Suporte	Processo	Útil	DP _{1e} , C-13	Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço (armazenagem + logística de valor acrescentado) contratado	Sistema TNT CS (Customer Service) para os serviços de armazenagem e de logística de valor acrescentado (inclui <i>Manager Account</i> e os meios de <i>track & trace</i> da TNT nestas áreas)	DP _{1(e).7}	Tipo III	
FR _{1(e).8}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo II)	Útil	C-10, C-11	Programar a realização do serviço (armazenagem + logística de valor acrescentado) pretendido	Processos de programação do serviço de armazenagem e do serviço de logística de valor acrescentado	DP _{1(e).8}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{matrix}
 \left. \begin{matrix}
 FR_{1(e).1} \\
 FR_{1(e).2} \\
 FR_{1(e).3} \\
 FR_{1(e).4} \\
 FR_{1(e).5} \\
 FR_{1(e).6} \\
 FR_{1(e).7} \\
 FR_{1(e).8}
 \end{matrix} \right\} = \begin{bmatrix}
 X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X & 0 & X & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X & 0 & 0 & X & X & 0 & 0 & 0 \\
 X & X & 0 & 0 & X & X & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 \\
 X & X & X & X & X & X & 0 & X
 \end{bmatrix} \left. \begin{matrix}
 DP_{1(e).1} \\
 DP_{1(e).2} \\
 DP_{1(e).3} \\
 DP_{1(e).4} \\
 DP_{1(e).5} \\
 DP_{1(e).6} \\
 DP_{1(e).7} \\
 DP_{1(e).8}
 \end{matrix} \right\}
 \end{matrix} \quad (XX.6)$$

Principais notas interpretativas acerca desta matriz de projecto:

- São primeiramente definidas as soluções logísticas de manuseamento e tratamento de mercadorias (DP_{1(e).1}). As decisões tomadas em relação a este elemento de solução, podem também influenciar a realização de algumas das operações de mudança/movimentação de bens (FR_{1(e).2}), assim como de algumas operações de distribuição (FR_{1(e).5}). As soluções logísticas inseridas no DP_{1(e).1}, tais como aquelas relacionadas com o embalamento e empacotamento de produtos, entre outras, contribuem frequentemente para assegurar o adequado acondicionamento dos bens armazenados (FR_{1(e).4}).

- Face à(s) localização(ões) pretendida(s) para as actividades de armazenagem (FR_{1(e).3}), são definidos o(s) espaço(s) (DP_{1(e).3}) a disponibilizar para a realização do serviço. O(s) espaço(s) de armazenagem pode(m) situar-se em instalação(ões) da TNT, armazém(éns) arrendado(s) e/ou armazém(éns) temporário(s). As condições de armazenagem (DP_{1(e).4}), a proporcionar para cada espaço escolhido, devem garantir um adequado acondicionamento dos bens/artigos que aí serão armazenados (FR_{1(e).4}). A escolha do(s) espaço(s) de armazenagem (DP_{1(e).3}) também influencia a capacidade de acondicionar devidamente os bens a armazenar (FR_{1(e).4}).
- As boas condições de armazenagem (DP_{1(e).4}) em que permaneçam determinados artigos a serem distribuídos, no âmbito do evento ou campanha, contribuem para que a realização das actividades de distribuição ocorra de uma forma correcta. (FR_{1(e).5}).
- Uma vez definidas as soluções logísticas de valor acrescentado (DP_{1(e).1}, DP_{1(e).2} e DP_{1(e).5}), é preparado o descritivo (DP_{1(e).6}) sobre o(s) local(ais) onde terá(ão) lugar as operações de processamento, distribuição e/ou mudanças/movimentação.
- Através do sistema de *Customer Service* (CS) da TNT, que inclui um *Manager Account* (colaborador da TNT dedicado à prestação de apoio ao cliente) e o sistema de *tracking & trace* dos serviços de armazenagem e de logística de valor acrescentado (DP_{1(e).7}), o sétimo requisito funcional (FR_{1(e).7}), que tem um carácter de suporte, é assim satisfeito.
- Finalmente, o oitavo requisito funcional (FR_{1(e).8}), associado a uma função de comando e controlo de tipo II, é responsável pela selecção concreta dos elementos de solução mais adequados às especificidades do serviço logístico de valor acrescentado a prestar, bem como aos requisitos aplicáveis ao serviço de armazenagem pretendido. Essa selecção é feita de forma programada, de acordo com a sequência temporal com que as operações de armazenagem e de logística de valor acrescentado devem ocorrer (essa sequência foi determinada pela função de comando e controlo de tipo I, associado ao FR₃).

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo II, FR_{1(e).8}:

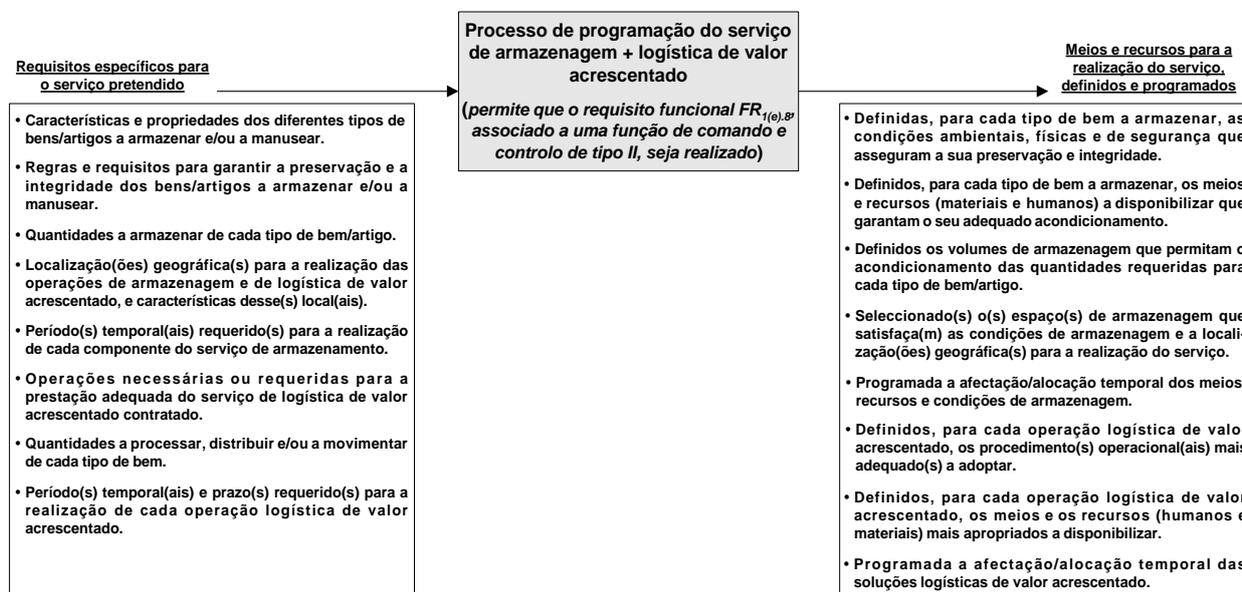


Figura XX.11 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de armazenagem e de logística de valor acrescentado prestados no âmbito do TNT Eventos e Campanhas.

f) Decomposição se DP_{1f} (serviços de montagem/desmontagem + logística de valor acrescentado) for seleccionado:

Requisitos funcionais definidos:

- $FR_{1(f),1}$ = Realizar correctamente as operações relacionadas com o processamento de artigos ou mercadorias.
- $FR_{1(f),2}$ = Realizar correctamente todas as operações de montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
- $FR_{1(f),3}$ = Efectuar a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) no(s) local(ais) requerido(s).
- $FR_{1(f),4}$ = Realizar correctamente as operações de distribuição necessárias ao evento ou campanha.
- $FR_{1(f),5}$ = Realizar correctamente as operações de mudança/movimentação dos bens pretendidos.
- $FR_{1(f),6}$ = Efectuar os serviços logísticos de valor acrescentado no(s) local(ais) requerido(s).
- $FR_{1(f),7}$ = Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço (armazenagem + logística de valor acrescentado) contratado.
- $FR_{1(f),8}$ = Programar a realização do serviço (montagem/desmontagem + logística de valor acrescentado) pretendido.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XX.16 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1 - DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1f} .

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais								
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	$FR_{1(f),1}$	$FR_{1(f),2}$	$FR_{1(f),3}$	$FR_{1(f),4}$	$FR_{1(f),5}$	$FR_{1(f),6}$	$FR_{1(f),7}$	$FR_{1(f),8}$	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)											
Constrangimentos de interface (Interface constraints)											
C1f-1	C-11	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades técnicas das estruturas a montar, instalar e/ou construir		X						X	Inspeção/Observação
C1f-2	C-11	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades técnicas das estruturas a desmontar, desinstalar e/ou demolir		X						X	Inspeção/Observação
C1f-3	C-10	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades dos locais onde as operações de montagem e/ou desmontagem devem ter lugar			X					X	Inspeção/Observação
C1f-4	C-11	Adequar as soluções logísticas de valor acrescentado a adoptar às especificidades técnicas das operações requeridas	X			X	X			X	Inspeção/Observação
C1f-5	C-10	Adequar as soluções logísticas de valor acrescentado a adoptar às características dos locais onde as operações associadas à prestação do serviço devem ter lugar						X		X	Inspeção/Observação
C1f-6	C-12	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo no contacto com o cliente							X		Inspeção/Observação
C1f-7	C-13	Permitir rastrear a execução dos serviços de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado							X	X	Inspeção/Observação
C1f-8	C-14	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das operações de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado	X	X	X	X	X	X		X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)											
C1f-9	C-15	Poder efectuar os serviços de montagem/desmontagem e logística de valor acrescentado em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1f-10	C-16	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT para os serviços de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado pretendidos	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1f-11	C-17	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1f-12	C-18	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)											
C1f-13	C19	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)											

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi verificada a consistência dos oito sub-FRs definidos ($FR_{1(f),1}$ a $FR_{1(f),8}$) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1), utilizando para tal as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um dos FRs situados neste nível 2 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.17).

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{1(f),1} = Soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias, dirigidas para eventos e campanhas.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de processamento requeridas.
- DP_{1(f),2} = Procedimentos, meios e recursos para a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
 - Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar dependem do(s) tipo(s) de estrutura(s) a montar/instalar e/ou a desmontar/desinstalar.
- DP_{1(f),3} = Descritivo sobre a localização de realização das operações de montagem e/ou desmontagem.
 - Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. mapas, fotografias, plantas, indicações escritas e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser montada(s) e/ou desmontada(s) a(s) estrutura(s) pretendida(s).
- DP_{1(f),4} = Soluções logísticas de distribuição (pós-transporte) dirigidas para eventos e campanhas.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de distribuição em massa e/ou de distribuição personalizada requeridas.
- DP_{1(f),5} = Soluções logísticas de mudança/movimentação *in-house*.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de movimentação/mudança, entre diferentes pontos situados no espaço (interior e/ou exterior) afecto ao evento ou campanha, requeridas.
- DP_{1(f),6} = Descritivo sobre a localização do(s) lugar(es) de realização das operações logísticas de valor acrescentado.
 - Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. endereços, mapas, plantas, fotografias, e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser realizada(s) a(s) operação(ões) de processamento, distribuição, e/ou de mudança/movimentação.
- DP_{1(f),7} = Sistema TNT CS (*Customer Service*) para os serviços de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado (inclui *Manager Account* e os meios de *track & trace* da TNT nestas áreas).
- DP_{1(f),8} = Processos de programação do serviço de montagem/desmontagem e do serviço de logística de valor acrescentado.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.17 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR₁-DP₁, quando a escolha para o elemento de solução DP₁ recair sobre o DP_{1f}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental						Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR ₁	Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte					Serviços especiais complementares ao transporte para eventos / campanhas (Montagem/desmontagem + Logística valor acrescentado)	DP ₁	Tipo II		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais			Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							
FR _{1(f).1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1f} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações relacionadas com o processamento de artigos ou mercadorias	Soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias, dirigidas para eventos e campanhas Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de processamento requeridas	DP _{1(f).1}	Tipo III	
FR _{1(f).2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1f} , FR ₁ , C-7	Realizar correctamente todas as operações de montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)	Procedimentos, meios e recursos para a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s) Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar dependem do(s) tipo(s) de estrutura(s) a montar/instalar e/ou a desmontar/desinstalar	DP _{1(f).2}	Tipo III	
FR _{1(f).3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1f} , C-7	Efectuar a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) no(s) local(ais) requerido(s)	Descritivo sobre a localização de realização das operações de montagem e/ou desmontagem Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. mapas, fotografias, plantas, indicações escritas e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser montada(s) e/ou desmontada(s) a(s) estrutura(s) pretendida(s)	DP _{1(f).3}	Tipo IV	
FR _{1(f).4}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1f} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações de distribuição necessárias ao evento ou campanha	Soluções logísticas de distribuição (pós-transporte) dirigidas para eventos e campanhas Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de distribuição em massa e/ou de distribuição personalizada requeridas	DP _{1(f).4}	Tipo III	
FR _{1(f).5}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1f} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações de mudança/movimentação dos bens pretendidos	Soluções logísticas de mudança/movimentação <i>in-house</i> Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de movimentação/mudança, entre diferentes pontos situados no espaço (interior e/ou exterior) afecto ao evento ou campanha, requeridas	DP _{1(f).5}	Tipo III	
FR _{1(f).6}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1f} , C-8	Efectuar os serviços logísticos de valor acrescentado no(s) local(ais) requerido(s)	Descritivo sobre a localização do(s) lugar(es) de realização das operações logísticas de valor acrescentado Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. endereços, mapas, plantas, fotografias, e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser realizada(s) a(s) operação(ões) de processamento, distribuição, e/ou de mudança/movimentação	DP _{1(f).6}	Tipo IV	
FR _{1(f).7}	Estima	Suporte	Processo	Útil	DP _{1f} , C-13	Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço (armazenagem + logística de valor acrescentado) contratado	Sistema TNT CS (<i>Customer Service</i>) para os serviços de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado (inclui <i>Manager Account</i> e os meios de <i>track & trace</i> da TNT nestas áreas)	DP _{1(f).7}	Tipo III	
FR _{1(f).8}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo II)	Útil	C-10, C-11	Programar a realização do serviço (armazenagem + logística de valor acrescentado) pretendido	Processos de programação do serviço de montagem/desmontagem e do serviço de logística de valor acrescentado	DP _{1(f).8}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{Bmatrix} FR_{1(f).1} \\ FR_{1(f).2} \\ FR_{1(f).3} \\ FR_{1(f).4} \\ FR_{1(f).5} \\ FR_{1(f).6} \\ FR_{1(f).7} \\ FR_{1(f).8} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & 0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ X & 0 & 0 & X & X & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & X & X & X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{1(f).1} \\ DP_{1(f).2} \\ DP_{1(f).3} \\ DP_{1(f).4} \\ DP_{1(f).5} \\ DP_{1(f).6} \\ DP_{1(f).7} \\ DP_{1(f).8} \end{Bmatrix} \tag{XX.7}$$

Principais notas interpretativas acerca desta matriz de projecto:

- São primeiramente definidas as soluções logísticas de manuseamento e tratamento de mercadorias (DP_{1(f).1}). As decisões tomadas em relação a este elemento de solução podem também influenciar a realização de algumas das operações de distribuição (FR_{1(f).4}), assim como de algumas as operações de mudança/movimentação (FR_{1(f).5}). As soluções logísticas inseridas no âmbito do DP_{1(f).1} são também susceptíveis de impactar a capacidade de realizar correctamente as operações de montagem/desmontagem de estruturas (FR_{1(f).2}).

- A escolha dos procedimentos, meios e recursos para efectuar a montagem e/ou desmontagem (DP_{1(f).2}) de uma dada estrutura também tem impacto na capacidade de a conseguir montar e/ou desmontar no(s) local(ais) requerido(s) (FR_{1(f).3}), atendendo às características desse(s) local(ais).
- Uma vez definidos os procedimentos, meios e recursos a afectar ao serviço (DP_{1(f).2}), é preparado o descritivo sobre a localização de realização das operações de montagem e/ou desmontagem (DP_{1(f).3}), o qual reúne informação e documento(s) que permitirão à(s) equipa(s) que executa(m) o serviço saber exactamente onde deve ser feita a montagem e/ou a desmontagem de cada estrutura, de acordo com o requerido (FR_{1(f).3}).
- Uma vez definidas as soluções logísticas de valor acrescentado (DP_{1(f).1}, DP_{1(f).4} e DP_{1(f).5}), é preparado o descritivo (DP_{1(f).6}) sobre o(s) local(ais) onde terá(ão) lugar as operações de processamento, distribuição e/ou mudanças/movimentação a realizar.
- Através do sistema de *Customer Service* (CS) da TNT, que inclui um *Manager Account* (colaborador da TNT dedicado à prestação de apoio ao cliente) e o sistema de *tracking & trace* dos serviços de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado (DP_{1(f).7}), o sétimo requisito funcional (FR_{1(f).7}), que tem um carácter de suporte, é assim satisfeito.
- Finalmente, o oitavo requisito funcional (FR_{1(f).8}), associado a uma função de comando e controlo de tipo II, é responsável pela selecção concreta dos elementos de solução mais adequados às especificidades do serviço logístico de valor acrescentado a prestar, bem como aos requisitos aplicáveis ao serviço de montagem/desmontagem pretendido. Essa selecção é feita de forma programada, de acordo com a sequência temporal com que as operações de logística de valor acrescentado e as de montagem e/ou desmontagem devem ocorrer (essa sequência foi determinada pela função de comando e controlo de tipo I, associado ao FR₃).

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo II, FR_{1(f).8}:

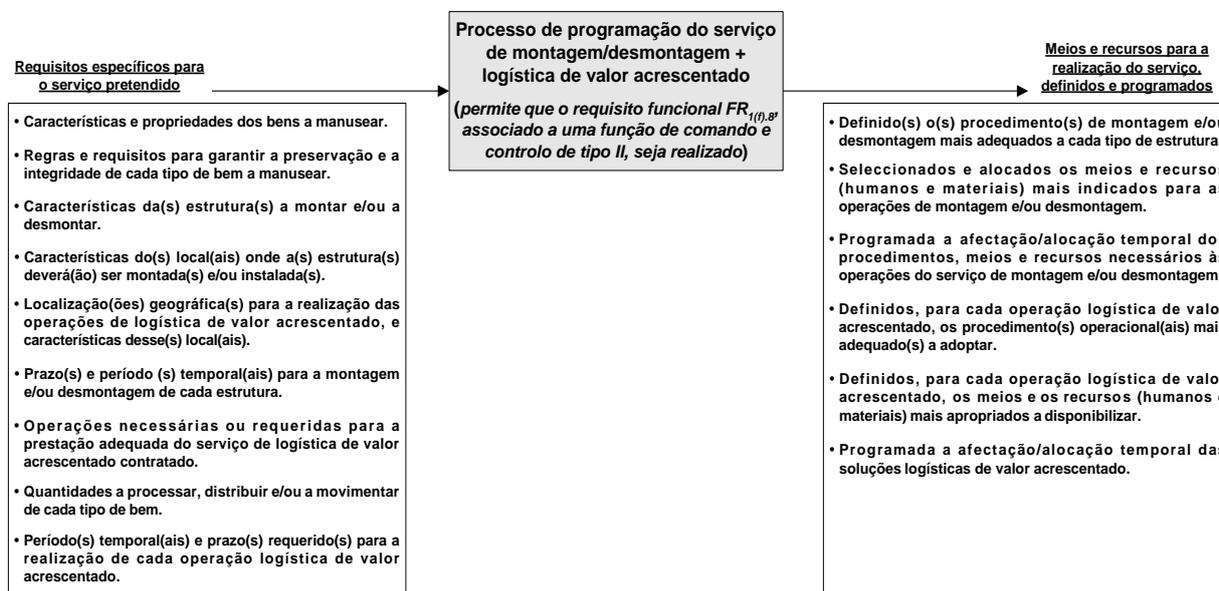


Figura XX.12 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado prestados no âmbito do TNT Eventos e Campanhas.

g) Decomposição de DP_{1g} (serviços de armazenagem + montagem/desmontagem + logística de valor acrescentado) for seleccionado:

Requisitos funcionais definidos:

- $FR_{1(g).1}$ = Realizar correctamente as operações relacionadas com o processamento de artigos ou mercadorias.
- $FR_{1(g).2}$ = Realizar correctamente todas as operações de montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
- $FR_{1(g).3}$ = Efectuar o armazenamento na(s) localização(ões) requerida(s).
- $FR_{1(g).4}$ = Acondicionar em boas condições todos os artigos/bens armazenados.
- $FR_{1(g).5}$ = Efectuar a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) no(s) local(ais) requerido(s).
- $FR_{1(g).6}$ = Realizar correctamente as operações de distribuição necessárias ao evento ou campanha.
- $FR_{1(g).7}$ = Realizar correctamente as operações de mudança/movimentação dos bens pretendidos.
- $FR_{1(g).8}$ = Efectuar os serviços logísticos de valor acrescentado no(s) local(ais) requerido(s).
- $FR_{1(g).9}$ = Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço contratado (armazenagem + montagem/desmontagem + logística de valor acrescentado).
- $FR_{1(g).10}$ = Programar a realização do serviço pretendido (armazenagem + montagem/desmontagem + logística de valor acrescentado).

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XX.18 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_1 - DP_1 , quando a escolha do elemento de solução DP_1 recair sobre DP_{1g} .

Código	Fonte	Descrição do constrangimento	Constrangimentos										Verificação
			$FR_{1(g).1}$	$FR_{1(g).2}$	$FR_{1(g).3}$	$FR_{1(g).4}$	$FR_{1(g).5}$	$FR_{1(g).6}$	$FR_{1(g).7}$	$FR_{1(g).8}$	$FR_{1(g).9}$	$FR_{1(g).10}$	
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)													
Constrangimentos de interface (Interface constraints)													
C1g-1	C-11	Adequar os meios e as condições de acondicionamento às características e especificidades dos bens/artigos armazenados				X							Inspeção/Observação
C1g-2	C-10	Adequar os meios de armazenagem temporária às características dos locais onde esses serviços devem ter lugar			X	X							Inspeção/Observação
C1g-3	C-11	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades técnicas das estruturas a montar, instalar e/ou construir		X								X	Inspeção/Observação
C1g-4	C-11	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades técnicas das estruturas a desmontar, desinstalar e/ou demolir		X								X	Inspeção/Observação
C1g-5	C-10	Adequar os meios e recursos a utilizar atendendo às especificidades dos locais onde as operações de montagem e/ou desmontagem devem ter lugar					X					X	Inspeção/Observação
C1g-6	C-11	Adequar as soluções logísticas de valor acrescentado a adoptar às especificidades técnicas das operações requeridas	X					X	X			X	Inspeção/Observação
C1g-7	C-10	Adequar as soluções logísticas de valor acrescentado a adoptar às características dos locais onde as operações associadas à prestação do serviço devem ter lugar								X		X	Inspeção/Observação
C1g-8	C-12	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo no contacto com o cliente									X		Inspeção/Observação
C1g-9	C-13	Permitir rastrear a execução dos serviços de montagem/desmontagem, armazenagem e de logística de valor acrescentado									X	X	Inspeção/Observação
C1g-10	C-14	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das operações de montagem/desmontagem, armazenagem e de logística de valor acrescentado	X	X	X	X	X	X	X	X		X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)													
C1g-11	C-15	Poder efectuar os serviços de armazenagem, montagem/desmontagem e logística de valor acrescentado em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1g-12	C-16	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT para os serviços de armazenagem, montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado pretendidos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1g-13	C-17	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1g-14	C-18	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de armazenagem, montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)													
C1g-15	C-19	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)													

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi verificada a consistência dos dez sub-FRs definidos ($FR_{1(g).1}$ a $FR_{1(g).10}$) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1), utilizando para tal as regras incorporadas no MDCV proposto

na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um dos FRs situados neste nível 2 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.19).

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{1(g).1} = Soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias, dirigidas para eventos e campanhas.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de processamento requeridas.
- DP_{1(g).2} = Procedimentos, meios e recursos para a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s).
 - Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar dependem do(s) tipo(s) de estrutura(s) a montar/instalar e/ou a desmontar/desinstalar.
- DP_{1(g).3} = Espaço(s) de armazenagem.
 - Pode incluir armazém(éns) próprio(s) da TNT (DEPOT), armazém(éns) arrendado(s) e/ou armazém(éns) temporário(s)
- DP_{1(g).4} = Condições de armazenagem que garantam a preservação e integridade dos bens/artigos armazenados.
 - São definidas em termos de: condições ambientais, físicas e de segurança a manter no espaço de armazenagem, meios e equipamentos a disponibilizar, recursos humanos a afectar, procedimentos de manuseamento e acondicionamento a adoptar, volume de armazenamento a disponibilizar para cada tipo de artigo.
- DP_{1(g).5} = Descritivo sobre a localização de realização das operações de montagem e/ou desmontagem.
 - Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. mapas, fotografias, plantas, indicações escritas e/ou outros eventuais documentos) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser montada(s) e/ou desmontada(s) a(s) estrutura(s) pretendida(s).
- DP_{1(g).6} = Soluções logísticas de distribuição (pós-transporte) dirigidas para eventos e campanhas.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de distribuição em massa e/ou de distribuição personalizada requeridas.
- DP_{1(g).7} = Soluções logísticas de mudança/movimentação *in-house*.
 - Soluções, a nível do(s) procedimento(s) operacional(ais) a adoptar e dos meios e recursos a disponibilizar, dirigidas a satisfazer, à medida das necessidades do cliente, as operações de movimentação/mudança, entre diferentes pontos situados no espaço (interior e/ou exterior) afecto ao evento ou campanha, requeridas.
- DP_{1(g).8} = Descritivo sobre a localização de realização das operações logísticas de valor acrescentado.
 - Inclui os documento(s) necessário(s) (e.g. endereços, mapas, plantas, fotografias, e/ou outros eventuais documento(s) indicando com precisão o(s) local(ais) onde deverá(ão) ser realizada(s) a(s) operação(ões) de processamento, distribuição, e/ou de mudança/movimentação.
- DP_{1(g).9} = Sistema TNT CS (*Customer Service*) para os serviços de armazenagem, montagem/desmontagem e logística de valor acrescentado (inclui *Manager Account* e os meios de *track & trace* da TNT nestas áreas).
- DP_{1(g).10} = Processos de programação dos serviços de armazenagem, montagem/desmontagem e logística de valor acrescentado.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.19 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR₁-DP₁, quando a escolha para o elemento de solução DP₁ recair sobre o DP_{1g}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental						Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR ₁	Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte					Serviços especiais complementares ao transporte para eventos / campanhas (Armazenagem + Montagem/desmontagem + Logística valor acrescentado)	DP _{1g}	Tipo II		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais			Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de D	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							
FR _{1(g).1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1g} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações relacionadas com o processamento de artigos ou mercadorias	Soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias, dirigidas para eventos e campanhas	DP _{1(g).1}	Tipo III	
FR _{1(g).2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1g} , FR ₁ , C-7	Realizar correctamente todas as operações de montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)	Procedimentos, meios e recursos para a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)	DP _{1(g).2}	Tipo III	
FR _{1(g).3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1g} , C-6	Efectuar o armazenamento na(s) localizaç(ões) requerida(s)	Espaço(s) de armazenagem Pode incluir armazém(éns) próprio(s) da TNT (DEPOT), armazém(éns) arrendado(s) e/ou armazém(éns) temporário(s)	DP _{1(g).3}	Tipo IV	
FR _{1(g).4}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1g} , FR ₁ , C-6	Acondicionar em boas condições todos os artigos/bens armazenados	Condições de armazenagem que garantam a preservação e integridade dos bens/artigos armazenados	DP _{1(g).4}	Tipo III	
FR _{1(g).5}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1g} , C-7	Efectuar a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) no(s) local(ais) requerido(s)	Descritivo sobre a localização de realização das operações de montagem e/ou desmontagem	DP _{1(g).5}	Tipo IV	
FR _{1(g).6}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1g} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações de distribuição necessárias ao evento ou campanha	Soluções logísticas de distribuição (pós-transporte) dirigidas para eventos e campanhas	DP _{1(g).6}	Tipo III	
FR _{1(g).7}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1g} , FR ₁ , C-8	Realizar correctamente as operações de mudança/movimentação dos bens pretendidos	Soluções logísticas de mudança/movimentação in-house	DP _{1(g).7}	Tipo III	
FR _{1(g).8}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1g} , C-8	Efectuar os serviços logísticos de valor acrescentado no(s) local(ais) requerido(s)	Descritivo sobre a localização de realização das operações logísticas de valor acrescentado	DP _{1(g).8}	Tipo IV	
FR _{1(g).9}	Estima	Suporte	Processo	Útil	DP ₄ , C-13	Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço contratado (armazenagem + montagem/desmontagem + logística de valor acrescentado)	Sistema TNT CS (Customer Service) para os serviços de armazenagem, montagem/desmontagem e logística de valor acrescentado (inclui Manager Account e os meios de track & trace da TNT nestas áreas)	DP _{1(g).9}	Tipo III	
FR _{1(g).10}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo II)	Útil	C-10, C-11	Programar a realização do serviço pretendido (armazenagem + montagem/desmontagem + logística de valor acrescentado)	Processos de programação dos serviços armazenagem, montagem/desmontagem e logística de valor acrescentado	DP _{1(g).10}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{matrix}
 \left. \begin{matrix}
 FR_{1(g).1} \\
 FR_{1(g).2} \\
 FR_{1(g).3} \\
 FR_{1(g).4} \\
 FR_{1(g).5} \\
 FR_{1(g).6} \\
 FR_{1(g).7} \\
 FR_{1(g).8} \\
 FR_{1(g).9} \\
 FR_{1(g).10}
 \end{matrix} \right\} = &
 \begin{bmatrix}
 X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & X & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X & X & X & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & X & X & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X & 0 & 0 & X & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 \\
 X & 0 & 0 & 0 & 0 & X & X & X & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 \\
 X & X & X & X & X & X & X & X & 0 & X
 \end{bmatrix} &
 \left. \begin{matrix}
 DP_{1(g).1} \\
 DP_{1(g).2} \\
 DP_{1(g).3} \\
 DP_{1(g).4} \\
 DP_{1(g).5} \\
 DP_{1(g).6} \\
 DP_{1(g).7} \\
 DP_{1(g).8} \\
 DP_{1(g).9} \\
 DP_{1(g).10}
 \end{matrix} \right\}
 \end{matrix} \tag{XX.8}$$

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo II, $FR_{1(g).10}$:



Figura XX.13 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de armazenagem, montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado prestados no âmbito do TNT Eventos e Campanhas.

➤ **Nível hierárquico 3:**

Em linha com o método de decomposição MDCV, proposto no capítulo 5 da tese, apenas é necessário decompor os requisitos funcionais que estejam associados a funções dependentes

i. **Decomposição do FR intitulado “Acondicionar em boas condições todos os artigos/bens armazenados”, válida para os nós:**

- $FR_{1(a).2}$ - $DP_{1(a).2}$
- $FR_{1(d).4}$ - $DP_{1(d).4}$
- $FR_{1(e).4}$ - $DP_{1(e).4}$
- $FR_{1(g).4}$ - $DP_{1(g).4}$

Requisitos funcionais definidos:

- $FR_{1(a).2.1} = FR_{1(d).4.1} = FR_{1(e).4.1} = FR_{1(g).4.1}$ = Acomodar devidamente os artigos armazenados, atendendo às suas características.
- $FR_{1(a).2.2} = FR_{1(d).4.2} = FR_{1(e).4.2} = FR_{1(g).4.2}$ = Manusear correctamente os artigos durante as operações de armazenagem.
- $FR_{1(a).2.3} = FR_{1(d).4.3} = FR_{1(e).4.3} = FR_{1(g).4.3}$ = Minimizar os riscos de incidentes com os artigos armazenados, atribuíveis ao espaço de armazenagem.
- $FR_{1(a).2.4} = FR_{1(d).4.4} = FR_{1(e).4.4} = FR_{1(g).4.4}$ = Acondicionar a totalidade das unidades pretendidas de cada tipo de artigo.
- $FR_{1(a).2.5} = FR_{1(d).4.5} = FR_{1(e).4.5} = FR_{1(g).4.5}$ = Manter as condições ambientais necessárias à preservação/conservação de cada tipo de artigo armazenado.

- $FR_{1(a).2.6} = FR_{1(d).4.6} = FR_{1(e).4.6} = FR_{1(g).4.6} =$ Controlar temporalmente as condições de armazenagem pretendidas durante a realização do serviço.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XX.20 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós

$FR_{1(a).2}-DP_{1(a).2}$, $FR_{1(d).4}-DP_{1(d).4}$, $FR_{1(e).4}-DP_{1(e).4}$ e $FR_{1(g).4}-DP_{1(g).4}$.

Código	Fonte	Descrição do constrangimento	Impacto nos requisitos funcionais						Verificação
			$FR_{1(a).2.1}$	$FR_{1(a).2.2}$	$FR_{1(a).2.3}$	$FR_{1(a).2.4}$	$FR_{1(a).2.5}$	$FR_{1(a).2.6}$	
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)									
Constrangimentos de interface (Interface constraints)									
C1a.2-1 / C1d.4-1 / C1e.4-1 / C1g.4-1	C1a-1/C1d-1/C1e-1/C1g-1	Adequar as condições de armazenagem às características e especificidades dos bens/artigos armazenados	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1a.2-2 / C1d.4-2 / C1e.4-2 / C1g.4-2	C1a-2/C1d-2/C1e-2/C1g-2	Adequar as condições de armazenagem às características dos locais onde os espaços de armazenagem temporária estão instalados	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1a.2-3 / C1d.4-3 / C1e.4-3 / C1g.4-3	C1a-5/C1d-8/C1e-7/C1g-10	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das actividades relacionadas com a manutenção das adequadas condições de armazenagem	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)									
C1a.2-4 / C1d.4-4 / C1e.4-4 / C1g.4-4	C1a-6/C1d-9/C1e-8/C1g-11	Poder manter as condições de armazenagem em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1a.2-5 / C1d.4-5 / C1e.4-5 / C1g.4-5	C1a-7/C1d-10/C1e-9/C1g-12	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT relativamente às condições de armazenagem	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1a.2-6 / C1d.4-6 / C1e.4-6 / C1g.4-6	C1a-8/C1d-11/C1e-10/C1g-13	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1a.2-7 / C1d.4-7 / C1e.4-7 / C1g.4-7	C1a-9/C1d-12/C1e-11/C1g-14	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de armazenagem	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)									
C1a.2-8 / C1d.4-8 / C1e.4-8 / C1g.4-8	C1a-10/C1d-13/C1e-12/C1g-15	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)									

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais (nível 2 para o nível 3):

Foi verificada a consistência dos seis sub-FRs definidos com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2); para tal, foram usadas as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um desses seis FRs situados no nível 3 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.21).

Parâmetros de projecto definidos:

- $DP_{1(a).2.1} = DP_{1(d).4.1} = DP_{1(e).4.1} = DP_{1(g).4.1} =$ Solução de *packing* mais adequada a cada tipo de artigo.
 - Meios e procedimentos de embalagem, empacotamento, encaixotamento e/ou paletização que melhor se adequam ao tipo de artigo em questão.
- $DP_{1(a).2.2} = DP_{1(d).4.2} = DP_{1(e).4.2} = DP_{1(g).4.2} =$ Soluções de *handling* mais adequadas a cada operação de armazenagem.
 - Procedimentos e meios de manuseamento mais indicados ao tipo de características e propriedades de cada tipo de artigo que necessita de ser manipulado durante a operação.
- $DP_{1(a).2.3} = DP_{1(d).4.3} = DP_{1(e).4.3} = DP_{1(g).4.3} =$ Medidas preventivas, a nível da segurança e das condições físicas do espaço de armazenagem, que minimizem os riscos de incidentes com os bens armazenados.
- $DP_{1(a).2.4} = DP_{1(d).4.4} = DP_{1(e).4.4} = DP_{1(g).4.4} =$ Volume de armazenagem disponibilizado.
- $DP_{1(a).2.5} = DP_{1(d).4.5} = DP_{1(e).4.5} = DP_{1(g).4.5} =$ Factores ambientais controláveis.
 - Temperatura, humidade relativa, intensidade luminosa, níveis de ventilação, concentração de oxigénio, entre outros factores eventuais.
- $DP_{1(a).2.6} = DP_{1(d).4.6} = DP_{1(e).4.6} = DP_{1(g).4.6} =$ Coordenação e controlo do serviço de armazenagem.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.21 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós FR_{1(a).2}-DP_{1(a).2}, FR_{1(d).4}-DP_{1(d).4}, FR_{1(e).4}-DP_{1(e).4} e FR_{1(g).4}-DP_{1(g).4}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental					Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental					
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP			
FR _{1(a).2} FR _{1(d).4} FR _{1(e).4} FR _{1(g).4}	Acondicionar em boas condições todos os artigos/bens armazenados				Condições de armazenagem que garantam a preservação e integridade dos bens/artigos armazenados	DP _{1(a).2} DP _{1(d).4} DP _{1(e).4} DP _{1(g).4}	Tipo III			
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais				Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação	Efeito						
FR _{1(a).2.1} FR _{1(d).4.1} FR _{1(e).4.1} FR _{1(g).4.1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(a).2} /FR _{1(d).4} /FR _{1(e).4} /FR _{1(g).4}), (DP _{1(a).2} /DP _{1(d).4} /DP _{1(e).4} /DP _{1(g).4}))	Acomodar devidamente os artigos armazenados, atendendo às suas características	Solução de <i>packing</i> mais adequada a cada tipo de artigo Meios e procedimentos de embalagem, empacotamento, encaixotamento e/ou paletização que melhor se adequam ao tipo de artigo em questão	DP _{1(a).2.1} DP _{1(d).4.1} DP _{1(e).4.1} DP _{1(g).4.1}	Tipo IV	
FR _{1(a).2.2} FR _{1(d).4.2} FR _{1(e).4.2} FR _{1(g).4.2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(a).2} /FR _{1(d).4} /FR _{1(e).4} /FR _{1(g).4}), (DP _{1(a).2} /DP _{1(d).4} /DP _{1(e).4} /DP _{1(g).4}))	Manusear correctamente os artigos durante as operações de armazenagem	Soluções de <i>handling</i> mais adequadas a cada operação de armazenagem Procedimentos e meios de manuseamento mais indicados ao tipo de características e propriedades de cada tipo de artigo que necessita de ser manipulado durante a operação	DP _{1(a).2.2} DP _{1(d).4.2} DP _{1(e).4.2} DP _{1(g).4.2}	Tipo IV	
FR _{1(a).2.3} FR _{1(d).4.3} FR _{1(e).4.3} FR _{1(g).4.3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(a).2} /DP _{1(d).4} /DP _{1(e).4} /DP _{1(g).4})	Minimizar os riscos de incidentes com os artigos armazenados, atribuíveis ao espaço de armazenagem	Medidas preventivas, a nível da segurança e das condições físicas do espaço de armazenagem, que minimizem os riscos de incidentes com os bens armazenados	DP _{1(a).2.3} DP _{1(d).4.3} DP _{1(e).4.3} DP _{1(g).4.3}	Tipo IV	
FR _{1(a).2.4} FR _{1(d).4.4} FR _{1(e).4.4} FR _{1(g).4.4}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(a).2} /DP _{1(d).4} /DP _{1(e).4} /DP _{1(g).4})	Acondicionar a totalidade das unidades pretendidas de cada tipo de artigo	Volume de armazenagem disponibilizado	DP _{1(a).2.4} DP _{1(d).4.4} DP _{1(e).4.4} DP _{1(g).4.4}	Tipo V	
FR _{1(a).2.5} FR _{1(d).4.5} FR _{1(e).4.5} FR _{1(g).4.5}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(a).2} /FR _{1(d).4} /FR _{1(e).4} /FR _{1(g).4}), (DP _{1(a).2} /DP _{1(d).4} /DP _{1(e).4} /DP _{1(g).4}))	Manter as condições ambientais necessárias à preservação/conservação de cada tipo de artigo armazenado	Factores ambientais controláveis Temperatura, humidade relativa, intensidade luminosa, níveis de ventilação, concentração de oxigénio, entre outros factores eventuais	DP _{1(a).2.5} DP _{1(d).4.5} DP _{1(e).4.5} DP _{1(g).4.5}	Tipo V	
FR _{1(a).2.6} FR _{1(d).4.6} FR _{1(e).4.6} FR _{1(g).4.6}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo III)	Útil	(DP _{1(a).4} / DP _{1(d).7} / DP _{1(e).8} / DP _{1(g).10})	Controlar temporalmente as condições de armazenagem pretendidas durante a realização do serviço	Controlo e coordenação operacional do serviço de armazenagem	DP _{1(a).2.6} DP _{1(d).4.6} DP _{1(e).4.6} DP _{1(g).4.6}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{matrix}
 \left. \begin{matrix}
 FR_{1(a).2.1} = FR_{1(d).4.1} = FR_{1(e).4.1} = FR_{1(g).4.1} \\
 FR_{1(a).2.2} = FR_{1(d).4.2} = FR_{1(e).4.2} = FR_{1(g).4.2} \\
 FR_{1(a).2.3} = FR_{1(d).4.3} = FR_{1(e).4.3} = FR_{1(g).4.3} \\
 FR_{1(a).2.4} = FR_{1(d).4.4} = FR_{1(e).4.4} = FR_{1(g).4.4} \\
 FR_{1(a).2.5} = FR_{1(d).4.5} = FR_{1(e).4.5} = FR_{1(g).4.5} \\
 FR_{1(a).2.6} = FR_{1(d).4.6} = FR_{1(e).4.6} = FR_{1(g).4.6}
 \end{matrix} \right\} = \begin{matrix}
 \begin{bmatrix}
 X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X & X & X & 0 & 0 & 0 \\
 X & X & X & 0 & 0 & 0 \\
 X & 0 & X & X & 0 & 0 \\
 0 & 0 & X & X & X & 0 \\
 X & X & X & X & X & X
 \end{bmatrix}
 \end{matrix} \left. \begin{matrix}
 \left[\begin{matrix}
 DP_{1(a).2.1} = DP_{1(d).4.1} = DP_{1(e).4.1} = DP_{1(g).4.1} \\
 DP_{1(a).2.2} = DP_{1(d).4.2} = DP_{1(e).4.2} = DP_{1(g).4.2} \\
 DP_{1(a).2.3} = DP_{1(d).4.3} = DP_{1(e).4.3} = DP_{1(g).4.3} \\
 DP_{1(a).2.4} = DP_{1(d).4.4} = DP_{1(e).4.4} = DP_{1(g).4.4} \\
 DP_{1(a).2.5} = DP_{1(d).4.5} = DP_{1(e).4.5} = DP_{1(g).4.5} \\
 DP_{1(a).2.6} = DP_{1(d).4.6} = DP_{1(e).4.6} = DP_{1(g).4.6}
 \end{matrix} \right]
 \end{matrix} \right\} \quad (XX.9)$$

A matriz de projecto revela um pequeno grau de acoplamento, pelo facto de as decisões, durante o planeamento do serviço, relativamente às soluções de *handling* (DP_{1(a).2.2} = DP_{1(d).4.2} = DP_{1(e).4.2} = DP_{1(g).4.2}) e às medidas de prevenção de segurança (DP_{1(a).2.3} = DP_{1(d).4.3} = DP_{1(e).4.3} = DP_{1(g).4.3}), estarem muitas vezes interdependentes.

Papel da função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(a).2.6}, FR_{1(d).4.6}, FR_{1(e).4.6}, FR_{1(g).4.6}):

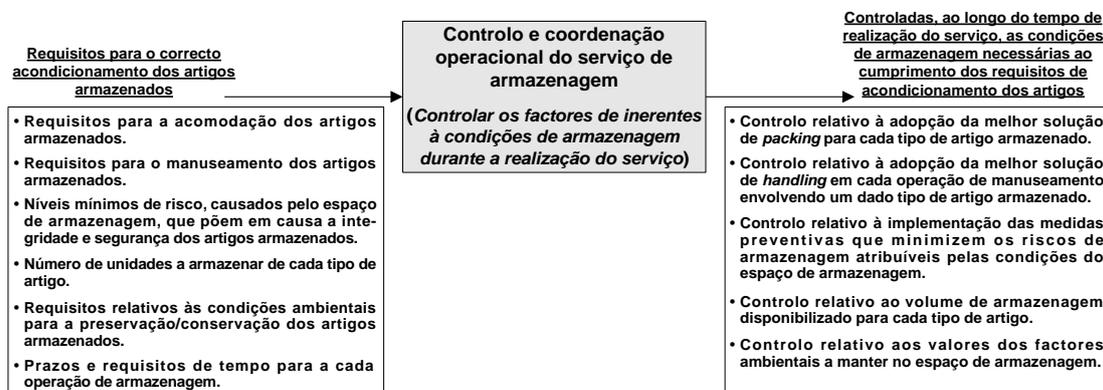


Figura XX.14 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(a).2.6}, FR_{1(d).4.6}, FR_{1(e).4.6}, FR_{1(g).4.6}).

ii. **Decomposição do FR intitulado “Realizar correctamente todas as operações de montagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)”, válida para os nós:**

- **FR_{1(b).1}-DP_{1(b).1}**
- **FR_{1(d).1}-DP_{1(d).1}**

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1(b).1.1} = FR_{1(d).1.1} = Preparar o local de implantação da estrutura e os componentes/peças dessa estrutura.
- FR_{1(b).1.2} = FR_{1(d).1.2} = Erguer, instalar e/ou montar a estrutura pretendida de acordo com o projecto.
- FR_{1(b).1.3} = FR_{1(d).1.3} = Verificar/inspeccionar a estrutura montada.
- FR_{1(b).1.4} = FR_{1(d).1.4} = Assegurar a realização das operações de montagem sob condições controladas, ao longo de toda a realização do serviço.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XX.22 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós FR_{1(b).1}-DP_{1(b).1} e FR_{1(d).1}-DP_{1(d).1}.

Código	Fonte	Constrangimentos Descrição do constrangimento	Impacto nos requisitos funcionais				Verificação
			FR _{1(b).1.1} FR _{1(d).1.1}	FR _{1(b).1.2} FR _{1(d).1.2}	FR _{1(b).1.3} FR _{1(d).1.3}	FR _{1(b).1.4} FR _{1(d).1.4}	
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)							
Constrangimentos de interface (Interface constraints)							
C1b.1-1 / C1d.1-1	C1b-1 / C1d-3	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na pré-montagem atendendo às especificidades técnicas de cada estrutura	X			X	Inspeção/Observação
C1b.1-2 / C1d.1-2	C1b-1 / C1d-3	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na execução da montagem atendendo às especificidades técnicas de cada estrutura		X		X	Inspeção/Observação
C1b.1-3 / C1d.1-3	C1b-1 / C1d-3	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na verificação da estrutura montada atendendo às especificidades técnicas da mesma			X	X	Inspeção/Observação
C1b.1-4 / C1d.1-4	C1b-3 / C1d-5	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na pré-montagem atendendo às especificidades do local onde a estrutura será implantada	X			X	Inspeção/Observação
C1b.1-5 / C1d.1-5	C1b-3 / C1d-5	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na execução da montagem atendendo às especificidades do local onde a estrutura será implantada		X		X	Inspeção/Observação
C1b.1-6 / C1d.1-6	C1b-3 / C1d-5	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na verificação da estrutura montada atendendo às especificidades do local onde a mesma está implantada			X	X	Inspeção/Observação
C1b.1-7 / C1d.1-7	C1b-6 / C1d-8	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das actividades de montagem	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)							
C1b.1-8 / C1d.1-8	C1b-7 / C1d-9	Poder efectuar a preparação, execução e verificação de montagem em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1b.1-9 / C1d.1-9	C1b-8 / C1d-10	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT relativamente às actividades de montagem	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1b.1-10 / C1d.1-10	C1b-9 / C1d-11	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis às actividades de montagem realizadas	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1b.1-11 / C1d.1-11	C1b-10 / C1d-12	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de montagem	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)							
C1b.1-12 / C1d.1-12	C1b-11 / C1d-13	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)							

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais (nível 2 para o nível 3):

Foi verificada a consistência dos quatro sub-FRs definidos com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2); para tal, foram usadas as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um desses quatro FRs situados no nível 3 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.23).

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{1(b).1.1} = DP_{1(d).1.1} = Procedimentos, meios e recursos de pré-montagem.
- DP_{1(b).1.2} = DP_{1(d).1.2} = Procedimentos, meios e recursos para a execução técnica da montagem.
- DP_{1(b).1.3} = DP_{1(d).1.3} = Procedimentos, meios e recursos para a verificação final (incluindo testes e ensaios, se necessário) da estrutura montada.
- DP_{1(b).1.4} = DP_{1(d).1.4} = Controlo e coordenação operacional do serviço de montagem.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.23 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós FR_{1(b).1}-DP_{1(b).1} e FR_{1(d).1}-DP_{1(d).1}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental					Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental					
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP			
FR _{1(b).1} FR _{1(d).1}	Realizar correctamente todas as operações de montagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)				Procedimentos, meios e recursos para a montagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)	DP _{1(b).1} DP _{1(d).1}	Tipo III			
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais			Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação	
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							Efeito
FR _{1(b).1.1} FR _{1(d).1.1}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(b).1} /DP _{1(d).1})	Preparar o local de implantação da estrutura e os componentes/peças dessa estrutura	Procedimentos, meios e recursos de pré-montagem	DP _{1(b).1.1} DP _{1(d).1.1}	Tipo IV	
FR _{1(b).1.2} FR _{1(d).1.2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(b).1} /FR _{1(d).1}), (DP _{1(b).1} /DP _{1(d).1})	Erguer, instalar e/ou montar a estrutura pretendida de acordo com o projecto/desenho	Procedimentos, meios e recursos para a execução técnica da montagem	DP _{1(b).1.2} DP _{1(d).1.2}	Tipo IV	
FR _{1(b).1.3} FR _{1(d).1.3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(b).1} /DP _{1(d).1})	Verificar/inspeccionar a estrutura montada	Procedimentos, meios e recursos para a verificação final (incluindo testes e ensaios, se necessário) da estrutura montada	DP _{1(b).1.3} DP _{1(d).1.3}	Tipo IV	
FR _{1(b).1.4} FR _{1(d).1.4}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo III)	Útil	(DP _{1(b).5} /DP _{1(d).7})	Assegurar a realização das operações de montagem sob condições controladas, ao longo de toda a realização do serviço	Controlo e coordenação operacional do serviço de montagem	DP _{1(b).1.4} DP _{1(d).1.4}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{cases} FR_{1(b).1.1} = FR_{1(d).1.1} \\ FR_{1(b).1.2} = FR_{1(d).1.2} \\ FR_{1(b).1.3} = FR_{1(d).1.3} \\ FR_{1(b).1.4} = FR_{1(d).1.4} \end{cases} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 \\ 0 & X & X & 0 \\ X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{cases} DP_{1(b).1.1} = DP_{1(d).1.1} \\ DP_{1(b).1.2} = DP_{1(d).1.2} \\ DP_{1(b).1.3} = DP_{1(d).1.3} \\ DP_{1(b).1.4} = DP_{1(d).1.4} \end{cases} \quad (XX.10)$$

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(b).1.4}, FR_{1(d).1.4}):

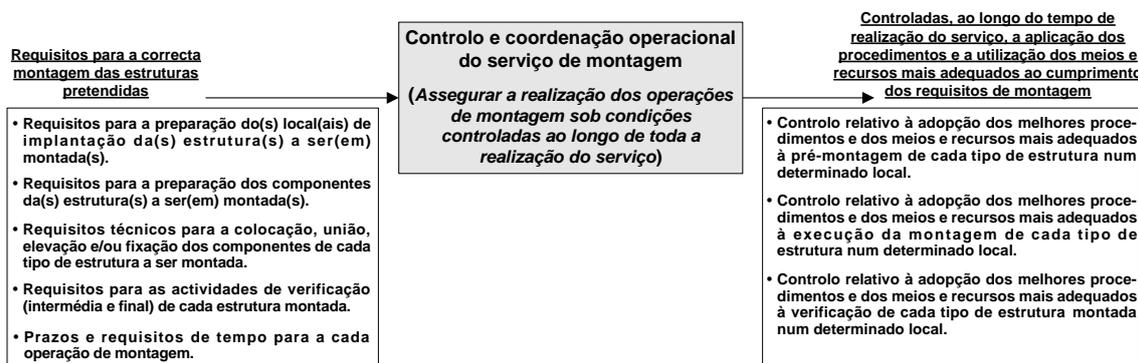


Figura XX.15 – Diagrama Input/Output relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(b).1.4}, FR_{1(d).1.4}).

iii. Decomposição do FR intitulado “Realizar correctamente todas as operações de desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)”, válida para os nós:

- FR_{1(b).2}-DP_{1(b).2}.
- FR_{1(d).2}-DP_{1(d).2}.

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1(b).2.1} = FR_{1(d).2.1} = Deserguer, desinstalar e/ou desmontar a estrutura pretendida.
- FR_{1(b).2.2} = FR_{1(d).2.2} = Retirar, organizar e arrumar os componentes/peças pertencentes à estrutura desmontada.
- FR_{1(b).2.3} = FR_{1(d).2.3} = Efectuar a limpeza do local onde a estrutura esteve montada de modo a que este mantenha as suas condições originais.
- FR_{1(b).2.4} = FR_{1(d).2.4} = Assegurar a realização das operações de desmontagem sob condições controladas, ao longo de toda a realização do serviço.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XX.24 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós

FR_{1(b).2}-DP_{1(b).2} e FR_{1(d).2}-DP_{1(d).2}.

Código	Fonte	Constrangimentos Descrição do constrangimento	Impacto nos requisitos funcionais				Verificação
			FR _{1(b).2.1} FR _{1(d).2.1}	FR _{1(b).2.2} FR _{1(d).2.2}	FR _{1(b).2.3} FR _{1(d).2.3}	FR _{1(b).2.4} FR _{1(d).2.4}	
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)							
Constrangimentos de interface (Interface constraints)							
C1b.2-1 / C1d.2-1	C1b-2 / C1d-4	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na execução da desmontagem atendendo às especificidades técnicas de cada estrutura	X			X	Inspeção / Observação
C1b.2-2 / C1d.2-2	C1b-2 / C1d-4	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na remoção e acondicionamento dos componentes e das peças pertencentes à estrutura desmontada atendendo às suas especificidades técnicas		X		X	Inspeção / Observação
C1b.2-3 / C1d.2-3	C1b-3 / C1d-5	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na execução da desmontagem atendendo às especificidades do local onde a estrutura está implantada	X			X	Inspeção / Observação
C1b.2-4 / C1d.2-4	C1b-3 / C1d-5	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar nas operações de pós-montagem atendendo às especificidades do local onde elas ocorrem			X	X	Inspeção / Observação
C1b.2-5 / C1d.2-5	C1b-6 / C1d-8	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das actividades de desmontagem	X	X	X	X	Inspeção / Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)							
C1b.2-6 / C1d.2-6	C1b-7 / C1d-9	Poder efectuar todas as operações de desmontagem e de pós-desmontagem em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	Inspeção / Observação
C1b.2-7 / C1d.2-7	C1b-8 / C1d-10	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT relativamente às actividades de desmontagem	X	X	X	X	Inspeção / Observação
C1b.2-8 / C1d.2-8	C1b-9 / C1d-11	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis às actividades de desmontagem realizadas	X	X	X	X	Inspeção / Observação
C1b.2-9 / C1d.2-9	C1b-10 / C1d-12	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de desmontagem	X	X	X	X	Inspeção / Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)							
C1b.2-10 / C1d.2-10	C1b-11 / C1d-13	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	Inspeção / Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)							

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais (nível 2 para o nível 3):

Foi verificada a consistência dos quatro sub-FRs definidos com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2); para tal, foram usadas as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um desses quatro FRs situados no nível 3 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.25).

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{1(b).2.1} = DP_{1(d).2.1} = Procedimentos, meios e recursos para a execução técnica da desmontagem.
- DP_{1(b).2.2} = DP_{1(d).2.2} = Procedimentos, meios e recursos relativos à remoção, triagem e acondicionamento dos componentes da estrutura.
- DP_{1(b).2.3} = DP_{1(d).2.3} = Procedimentos, meios e recursos de pós-desmontagem.
- DP_{1(b).2.4} = DP_{1(d).2.4} = Controlo e coordenação operacional do serviço de desmontagem.

Tabela FR/DP:Quadro XX.25 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós FR_{1(b).2}-DP_{1(b).2} e FR_{1(d).2}-DP_{1(d).2}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental					Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental					
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP			
FR _{1(b).2} FR _{1(d).2}	Realizar correctamente todas as operações de desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)				Procedimentos, meios e recursos para a desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)	DP _{1(b).2} DP _{1(d).2}	Tipo III			
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais			Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação	
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							Efeito
FR _{1(b).2.1} FR _{1(d).2.1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(b).2} /FR _{1(d).2}), (DP _{1(b).2} /DP _{1(d).2})	Deserguer, desinstalar e/ou desmontar a estrutura pretendida	Procedimentos, meios e recursos para a execução técnica da desmontagem	DP _{1(b).2.1} DP _{1(d).2.1}	Tipo IV	
FR _{1(b).2.2} FR _{1(d).2.2}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(b).2} /DP _{1(d).2})	Retirar, organizar e arrumar os componentes/peças pertencentes à estrutura desmontada	Procedimentos, meios e recursos relativos à remoção, triagem e acondicionamento dos componentes da estrutura	DP _{1(b).2.2} DP _{1(d).2.2}	Tipo IV	
FR _{1(b).2.3} FR _{1(d).2.3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(b).2} /DP _{1(d).2})	Efectuar a limpeza do local onde a estrutura esteve montada de modo a que este mantenha as suas condições originais	Procedimentos, meios e recursos de pós-desmontagem	DP _{1(b).2.3} DP _{1(d).2.3}	Tipo IV	
FR _{1(b).2.4} FR _{1(d).2.4}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo III)	Útil	(DP _{1(b).5} /DP _{1(d).7})	Assegurar a realização das operações de desmontagem sob condições controladas, ao longo de toda a realização do serviço	Controlo e coordenação operacional do serviço de desmontagem	DP _{1(b).2.4} DP _{1(d).2.4}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\left\{ \begin{array}{l} FR_{1(b).2.1} = FR_{1(d).2.1} \\ FR_{1(b).2.2} = FR_{1(d).2.2} \\ FR_{1(b).2.3} = FR_{1(d).2.3} \\ FR_{1(b).2.4} = FR_{1(d).2.4} \end{array} \right\} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & X \end{bmatrix} \left\{ \begin{array}{l} DP_{1(b).2.1} = DP_{1(d).2.1} \\ DP_{1(b).2.2} = DP_{1(d).2.2} \\ DP_{1(b).2.3} = DP_{1(d).2.3} \\ DP_{1(b).2.4} = DP_{1(d).2.4} \end{array} \right\} \quad (XX.11)$$

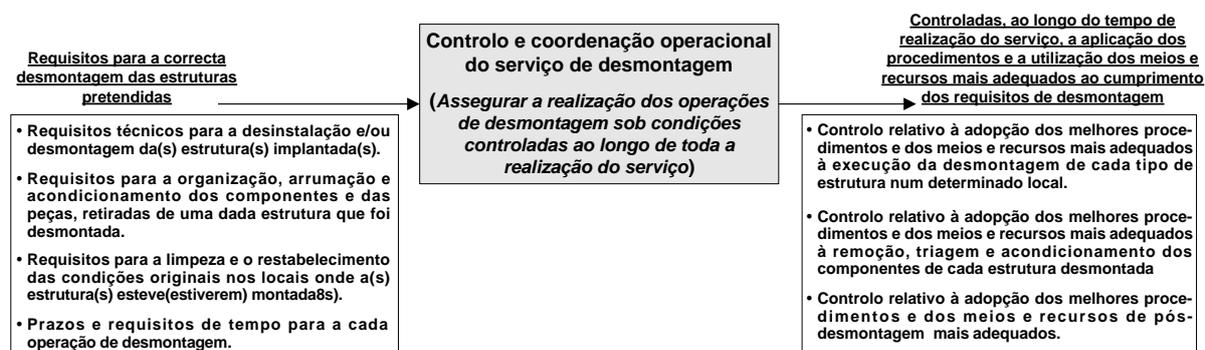
Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(b).2.4}, FR_{1(d).2.4}):

Figura XX.16 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(b).2.4}, FR_{1(d).2.4}).

iv. **Decomposição do FR intitulado “Realizar correctamente todas as operações de montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)”, válida para os nós:**

- FR_{1(f).2}-DP_{1(f).2}.
- FR_{1(g).2}-DP_{1(g).2}.

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1(f).2.1} = FR_{1(g).2.1} = Preparar o local de implantação da estrutura e os componentes/peças dessa estrutura.
- FR_{1(f).2.2} = FR_{1(g).2.2} = Erguer, instalar e/ou montar a estrutura pretendida de acordo com o projecto/desenho.
- FR_{1(f).2.3} = FR_{1(g).2.3} = Verificar/inspeccionar a estrutura montada.
- FR_{1(f).2.4} = FR_{1(g).2.4} = Deserguer, desinstalar e/ou desmontar a estrutura pretendida.
- FR_{1(f).2.5} = FR_{1(g).2.5} = Retirar, organizar e arrumar os componentes/peças pertencentes à estrutura desmontada.
- FR_{1(f).2.6} = FR_{1(g).2.6} = Repor as condições originais do local onde a estrutura esteve montada.
- FR_{1(f).2.7} = FR_{1(g).2.7} = Assegurar a realização das operações de montagem e/ou desmontagem sob condições controladas ao longo de toda a realização do serviço.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XX.26 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós $FR_{1(f),2}-DP_{1(f),2}$ e $FR_{1(g),2}-DP_{1(g),2}$.

Código	Fonte	Constrangimentos Descrição do constrangimento	Impacto nos requisitos funcionais							Verificação	
			$FR_{1(f),2.1}$ $FR_{1(g),2.1}$	$FR_{1(f),2.2}$ $FR_{1(g),2.2}$	$FR_{1(f),2.3}$ $FR_{1(g),2.3}$	$FR_{1(f),2.4}$ $FR_{1(g),2.4}$	$FR_{1(f),2.5}$ $FR_{1(g),2.5}$	$FR_{1(f),2.6}$ $FR_{1(g),2.6}$	$FR_{1(f),2.7}$ $FR_{1(g),2.7}$		
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)											
Constrangimentos de interface (Interface constraints)											
C1f.2-1 / C1g.2-1	C1f-1/C1g-3	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na pré-montagem atendendo às especificidades técnicas de cada estrutura	X							X	Inspeção/Observação
C1f.2-2 / C1g.2-2	C1f-2/C1g-4	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na execução da desmontagem atendendo às especificidades técnicas de cada estrutura				X				X	Inspeção/Observação
C1f.2-3 / C1g.2-3	C1f-1/C1g-3	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na execução da montagem atendendo às especificidades técnicas de cada estrutura		X						X	Inspeção/Observação
C1f.2-4 / C1g.2-4	C1f-2/C1g-4	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na remoção e acondicionamento dos componentes e das peças pertencentes à estrutura desmontada atendendo às suas especificidades técnicas					X			X	Inspeção/Observação
C1f.2-5 / C1g.2-5	C1f-1/C1g-3	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na verificação da estrutura montada atendendo às especificidades técnicas da mesma			X					X	Inspeção/Observação
C1f.2-6 / C1g.2-6	C1f-3/C1g-5	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na pré-montagem atendendo às especificidades do local onde a estrutura será implantada	X							X	Inspeção/Observação
C1f.2-7 / C1g.2-7	C1f-3/C1g-5	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na execução da montagem atendendo às especificidades do local onde a estrutura será implantada		X						X	Inspeção/Observação
C1f.2-8 / C1g.2-8	C1f-3/C1g-5	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na verificação da estrutura montada atendendo às especificidades do local onde a mesma está implantada			X					X	Inspeção/Observação
C1f.2-9 / C1g.2-9	C1f-3/C1g-5	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar na execução da desmontagem atendendo às especificidades do local onde a estrutura está implantada				X				X	Inspeção/Observação
C1f.2-10 / C1g.2-10	C1f-3/C1g-5	Adequar os procedimentos, meios e recursos a utilizar nas operações de pós-montagem atendendo às especificidades do local onde elas ocorrem						X	X		Inspeção/Observação
C1f.2-11 / C1g.2-11	C1f-8/C1g-10	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das actividades de montagem e de desmontagem	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)											
C1f.2-12 / C1g.2-12	C1f-9/C1g-11	Poder efectuar a preparação, execução e verificação de montagem em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1f.2-13 / C1g.2-13	C1f-9/C1g-11	Poder efectuar todas as operações de desmontagem e de pós-desmontagem em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1f.2-14 / C1g.2-14	C1f-10/C1g-12	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT relativamente às actividades de montagem	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1f.2-15 / C1g.2-15	C1f-11/C1g-13	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis às actividades de montagem e desmontagem realizadas	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1f.2-16 / C1g.2-16	C1f-12/C1g-14	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de montagem e de desmontagem	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)											
C1f.2-17 / C1g.2-17	C1f-13/C1g-15	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)											

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais (nível 2 para o nível 3):

Foi verificada a consistência dos sete sub-FRs definidos com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2); para tal, foram usadas as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um desses sete FRs situados no nível 3 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.27).

Parâmetros de projecto definidos:

- $DP_{1(f),2.1} = DP_{1(g),2.1} =$ Procedimentos, meios e recursos de pré-montagem.
- $DP_{1(f),2.2} = DP_{1(g),2.2} =$ Procedimentos, meios e recursos para a execução técnica da montagem.
- $DP_{1(f),2.3} = DP_{1(g),2.3} =$ Procedimentos, meios e recursos para a verificação final da estrutura montada (incluindo testes e ensaios, se necessário).
- $DP_{1(f),2.4} = DP_{1(g),2.4} =$ Procedimentos, meios e recursos para a execução técnica da desmontagem.
- $DP_{1(f),2.5} = DP_{1(g),2.5} =$ Procedimentos, meios e recursos para a remoção, triagem e acondicionamento dos componentes da estrutura.
- $DP_{1(f),2.6} = DP_{1(g),2.6} =$ Procedimentos, meios e recursos para a pós-desmontagem.
- $DP_{1(f),2.7} = DP_{1(g),2.7} =$ Controlo e coordenação operacional do serviço de montagem e/ou desmontagem.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.27 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós FR_{1(f).2}-DP_{1(f).2} e FR_{1(g).2}-DP_{1(g).2}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental						Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR _{1(f).2} FR _{1(g).2}	Realizar correctamente todas as operações de montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)					Procedimentos, meios e recursos para a montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) pretendida(s)	DP _{1(f).2} DP _{1(g).2}	Tipo III		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais			Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							
FR _{1(f).2.1} FR _{1(g).2.1}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(f).2} /DP _{1(g).2})	Preparar o local de implantação da estrutura e os componentes/peças dessa estrutura	Procedimentos, meios e recursos de pré-montagem	DP _{1(f).2.1} DP _{1(g).2.1}	Tipo IV	
FR _{1(f).2.2} FR _{1(g).2.2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(f).2} /FR _{1(g).2}), (DP _{1(f).2} /DP _{1(g).2})	Erguer, instalar e/ou montar a estrutura pretendida de acordo com o projecto/desenho	Procedimentos, meios e recursos para a execução técnica da montagem	DP _{1(f).2.2} DP _{1(g).2.2}	Tipo IV	
FR _{1(f).2.3} FR _{1(g).2.3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(f).2} /DP _{1(g).2})	Verificar/inspeccionar a estrutura montada	Procedimentos, meios e recursos para a verificação final (incluindo testes e ensaios, se necessário) da estrutura	DP _{1(f).2.3} DP _{1(g).2.3}	Tipo IV	
FR _{1(f).2.4} FR _{1(g).2.4}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(f).2} /FR _{1(g).2}), (DP _{1(f).2} /DP _{1(g).2})	Deserger, desinstalar e/ou desmontar a estrutura pretendida	Procedimentos, meios e recursos para a execução técnica da desmontagem	DP _{1(f).2.4} DP _{1(g).2.4}	Tipo IV	
FR _{1(f).2.5} FR _{1(g).2.5}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(f).2} /DP _{1(g).2})	Retirar, organizar e arrumar os componentes/peças pertencentes à estrutura desmontada	Procedimentos, meios e recursos para a remoção, triagem e acondicionamento dos componentes da estrutura	DP _{1(f).2.5} DP _{1(g).2.5}	Tipo IV	
FR _{1(f).2.6} FR _{1(g).2.6}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(f).2} /DP _{1(g).2})	Repor as condições originais do local onde a estrutura esteve montada	Procedimentos, meios e recursos para a pós-desmontagem	DP _{1(f).2.6} DP _{1(g).2.6}	Tipo IV	
FR _{1(f).2.7} FR _{1(g).2.7}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo III)	Útil	(DP _{1(f).2} / DP _{1(g).10})	Assegurar a realização das operações de montagem e/ou desmontagem sob condições controladas ao longo de toda a realização do serviço	Controlo e coordenação operacional do serviço de montagem e/ou desmontagem	DP _{1(f).2.7} DP _{1(g).2.7}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{cases}
 FR_{1(f).2.1} = FR_{1(g).2.1} \\
 FR_{1(f).2.2} = FR_{1(g).2.2} \\
 FR_{1(f).2.3} = FR_{1(g).2.3} \\
 FR_{1(f).2.4} = FR_{1(g).2.4} \\
 FR_{1(f).2.5} = FR_{1(g).2.5} \\
 FR_{1(f).2.6} = FR_{1(g).2.6} \\
 FR_{1(f).2.7} = FR_{1(g).2.7}
 \end{cases} = \begin{bmatrix}
 X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 X & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & X & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & X & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & X & X & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & X & 0 \\
 X & X & X & X & X & X & X
 \end{bmatrix} \begin{cases}
 DP_{1(f).2.1} = DP_{1(g).2.1} \\
 DP_{1(f).2.2} = DP_{1(g).2.2} \\
 DP_{1(f).2.3} = DP_{1(g).2.3} \\
 DP_{1(f).2.4} = DP_{1(g).2.4} \\
 DP_{1(f).2.5} = DP_{1(g).2.5} \\
 DP_{1(f).2.6} = DP_{1(g).2.6} \\
 DP_{1(f).2.7} = DP_{1(g).2.7}
 \end{cases} \quad (XX.12)$$

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(f).2.7}, FR_{1(g).2.7}):

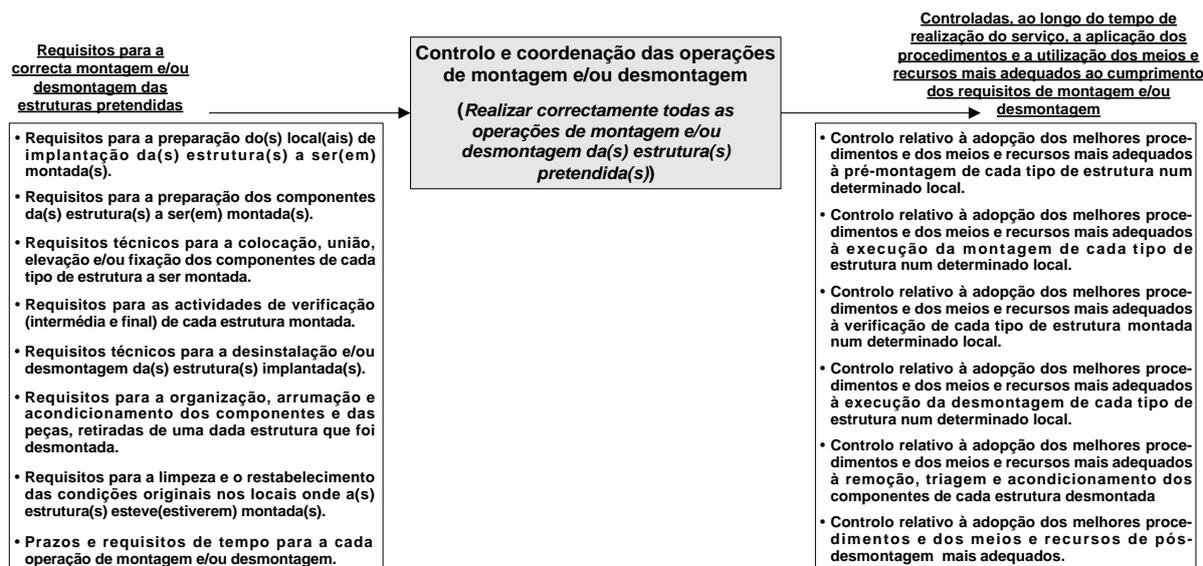


Figura XX.17 – Diagrama Input/Output relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(f).2.7}, FR_{1(g).2.7}).

v. **Decomposição do FR intitulado “Realizar correctamente as operações relacionadas com o processamento de artigos ou mercadorias”, válida para os nós:**

- FR_{1(c).1}-DP_{1(c).1}
- FR_{1(e).1}-DP_{1(e).1}
- FR_{1(f).1}-DP_{1(f).1}
- FR_{1(g).1}-DP_{1(g).1}

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1(c).1.1} = FR_{1(e).1.1} = FR_{1(f).1.1} = FR_{1(g).1.1} = Realizar a verificação do(s) artigo(s) adquirido(s) e/ou recepcionado(s).
- FR_{1(c).1.2} = FR_{1(e).1.2} = FR_{1(f).1.2} = FR_{1(g).1.2} = Efectuar a aquisição do(s) artigo(s) pretendido(s), cumprindo todos os requisitos de compra.
- FR_{1(c).1.3} = FR_{1(e).1.3} = FR_{1(f).1.3} = FR_{1(g).1.3} = Desenvolver as operações de embalagem e/ou formação de *kits/packs* de acordo com o requerido.
- FR_{1(c).1.4} = FR_{1(e).1.4} = FR_{1(f).1.4} = FR_{1(g).1.4} = Executar correctamente as operações de etiquetagem e/ou rotulagem do(s) artigo(s) processado(s).
- FR_{1(c).1.5} = FR_{1(e).1.5} = FR_{1(f).1.5} = FR_{1(g).1.5} = Cumprir as operações de condensação e/ou triagem de artigos conforme o requerido.
- FR_{1(c).1.6} = FR_{1(e).1.6} = FR_{1(f).1.6} = FR_{1(g).1.6} = Efectuar correctamente a preparação da expedição do(s) artigo(s) pretendido(s).
- FR_{1(c).1.7} = FR_{1(e).1.7} = FR_{1(f).1.7} = FR_{1(g).1.7} = Controlar temporalmente as operações de processamento de artigos/mercadorias pretendidas durante a prestação do serviço.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XX.28 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós

FR_{1(c).1}-DP_{1(c).1}, FR_{1(e).1}-DP_{1(e).1}, FR_{1(f).1}-DP_{1(f).1} e FR_{1(g).1}-DP_{1(g).1}.

Código	Fonte	Descrição do constrangimento	Impacto nos requisitos funcionais							Verificação				
			FR _{1(c).1.1}	FR _{1(c).1.2}	FR _{1(c).1.3}	FR _{1(e).1.1}	FR _{1(e).1.2}	FR _{1(e).1.3}	FR _{1(f).1.1}		FR _{1(f).1.2}	FR _{1(f).1.3}	FR _{1(g).1.1}	FR _{1(g).1.2}	FR_{1(g).1.3}
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)														
Constrangimentos de interface (Interface constraints)														
C1c.1-1 / C1e.1-1 / C1f.1-1 / C1g.1-1	C1c-1/C1e-3/C1f-4/C1g-3	Adequar os procedimentos, meios e recursos às especificidades técnicas inerentes às operações a efectuar relacionadas com o processamento de artigos/mercadorias	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1c.1-2 / C1e.1-2 / C1f.1-2 / C1g.1-2	C1c-5/C1e-7/C1f-8/C1g-10	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho nas operações a efectuar relacionadas com o processamento de artigos/mercadorias	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)														
C1c.1-3 / C1e.1-3 / C1f.1-3 / C1g.1-3	C1c-6/C1e-8/C1f-9/C1g-11	Poder efectuar as operações relacionadas com o processamento de artigos/mercadorias em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1c.1-4 / C1e.1-4 / C1f.1-4 / C1g.1-4	C1c-7/C1e-9/C1f-10/C1g-12	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT no que diz respeito às operações de processamento de artigos/mercadorias	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1c.1-5 / C1e.1-5 / C1f.1-5 / C1g.1-5	C1c-8/C1e-10/C1f-11/C1g-13	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis às operações de processamento de artigos/mercadorias	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C1c.1-6 / C1e.1-6 / C1f.1-6 / C1g.1-6	C1c-9/C1e-11/C1f-12/C1g-14	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente às operações de processamento de artigos/mercadorias	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)														
C1c.1-7 / C1e.1-7 / C1f.1-7 / C1g.1-7	C1c-10/C1e-12/C1f-13/C1g-15	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)														

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais (nível 2 para o nível 3):

Foi verificada a consistência dos sete sub-FRs definidos com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2); para tal, foram usadas as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um desses sete FRs situados no nível 3 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.29).

Parâmetros de projecto definidos:

- $DP_{1(c).1.1} = DP_{1(e).1.1} = DP_{1(f).1.1} = DP_{1(g).1.1}$ = Procedimentos, meios e recursos a empregar na conferência/inspecção do(s) artigo(s) ou mercadoria(s).
- $DP_{1(c).1.2} = DP_{1(e).1.2} = DP_{1(f).1.2} = DP_{1(g).1.2}$ = Procedimentos, meios e recursos a empregar na realização de cada operação de compra.
- $DP_{1(c).1.3} = DP_{1(e).1.3} = DP_{1(f).1.3} = DP_{1(g).1.3}$ = Procedimentos, meios e recursos a empregar na realização de cada operação de embalagem e/ou formação de conjuntos.
- $DP_{1(c).1.4} = DP_{1(e).1.4} = DP_{1(f).1.4} = DP_{1(g).1.4}$ = Procedimentos, meios e recursos a empregar em cada processo de etiquetagem e/ou rotulagem.
- $DP_{1(c).1.5} = DP_{1(e).1.5} = DP_{1(f).1.5} = DP_{1(g).1.5}$ = Procedimentos, meios e recursos a empregar na realização de cada operação de condensação ou de triagem de artigos.
- $DP_{1(c).1.6} = DP_{1(e).1.6} = DP_{1(f).1.6} = DP_{1(g).1.6}$ = Procedimentos, meios e recursos a empregar na preparação da expedição do(s) artigo(s) pretendido(s).
- $DP_{1(c).1.7} = DP_{1(e).1.7} = DP_{1(f).1.7} = DP_{1(g).1.7}$ = Controlo e coordenação das operações de processamento de artigos/mercadorias.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.29 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós $FR_{1(c).1}$ - $DP_{1(c).1}$, $FR_{1(e).1}$ - $DP_{1(e).1}$, $FR_{1(f).1}$ - $DP_{1(f).1}$ e $FR_{1(g).1}$ - $DP_{1(g).1}$.

Requisito funcional (FR) ao nível parental					Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental					
Código	Descrição				Descrição			Código	Tipo de DP	
FR _{1(c).1} FR _{1(e).1} FR _{1(f).1} FR _{1(g).1}	Realizar correctamente as operações relacionadas com o processamento de artigos ou mercadorias				Soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias, dirigidas para eventos e campanhas			DP _{1(c).1} DP _{1(e).1} DP _{1(f).1} DP _{1(g).1}	Tipo III	
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais			Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							
FR _{1(c).1.1} FR _{1(e).1.1} FR _{1(f).1.1} FR _{1(g).1.1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(c).1} /FR _{1(e).1} /FR _{1(f).1} /FR _{1(g).1}), (DP _{1(c).1} /DP _{1(e).1} /DP _{1(f).1} /DP _{1(g).1}))	Realizar a verificação do(s) artigo(s) adquirido(s) e/ou recepcionado(s)	Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar são os que melhor se adequam às características de manuseamento de cada tipo de artigo/mercadoria a inspecionar, ao processo de inspecção requerido, e a outros eventuais requisitos aplicáveis	DP _{1(c).1.1} DP _{1(e).1.1} DP _{1(f).1.1} DP _{1(g).1.1}	Tipo IV	
FR _{1(c).1.2} FR _{1(e).1.2} FR _{1(f).1.2} FR _{1(g).1.2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(c).1} /FR _{1(e).1} /FR _{1(f).1} /FR _{1(g).1}), (DP _{1(c).1} /DP _{1(e).1} /DP _{1(f).1} /DP _{1(g).1}))	Efectuar a aquisição do(s) artigo(s) pretendido(s), cumprindo todos os requisitos de compra	Procedimentos, meios e recursos a empregar na realização de cada operação de compra Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar são os que melhor se adequam às características de manuseamento de cada tipo de artigo, ao local onde a compra ocorre, e a outros eventuais requisitos aplicáveis	DP _{1(c).1.2} DP _{1(e).1.2} DP _{1(f).1.2} DP _{1(g).1.2}	Tipo IV	
FR _{1(c).1.3} FR _{1(e).1.3} FR _{1(f).1.3} FR _{1(g).1.3}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(c).1} /FR _{1(e).1} /FR _{1(f).1} /FR _{1(g).1}), (DP _{1(c).1} /DP _{1(e).1} /DP _{1(f).1} /DP _{1(g).1}))	Desenvolver as operações de embalagem e/ou formação de kits/packs de acordo com o requerido	Procedimentos, meios e recursos a empregar na realização de cada operação de embalagem e/ou formação de conjuntos Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar são os que melhor se adequam às características de manuseamento do(s) artigo(s) envolvido(s), ao tipo de embalagem(ens) a usar e/ou kit(s)/pack(s) a formar, e a outros eventuais requisitos aplicáveis	DP _{1(c).1.3} DP _{1(e).1.3} DP _{1(f).1.3} DP _{1(g).1.3}	Tipo IV	
FR _{1(c).1.4} FR _{1(e).1.4} FR _{1(f).1.4} FR _{1(g).1.4}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(c).1} /FR _{1(e).1} /FR _{1(f).1} /FR _{1(g).1}), (DP _{1(c).1} /DP _{1(e).1} /DP _{1(f).1} /DP _{1(g).1}))	Executar correctamente as operações de etiquetagem e/ou rotulagem do(s) artigo(s) processado(s)	Procedimentos, meios e recursos a empregar em cada processo de etiquetagem e/ou rotulagem Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar são os que melhor se adequam às características de manuseamento de cada tipo de artigo/mercadoria, ao processo de rotulagem/etiquetagem requerido, e a outros eventuais requisitos aplicáveis	DP _{1(c).1.4} DP _{1(e).1.4} DP _{1(f).1.4} DP _{1(g).1.4}	Tipo IV	
FR _{1(c).1.5} FR _{1(e).1.5} FR _{1(f).1.5} FR _{1(g).1.5}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(c).1} /FR _{1(e).1} /FR _{1(f).1} /FR _{1(g).1}), (DP _{1(c).1} /DP _{1(e).1} /DP _{1(f).1} /DP _{1(g).1}))	Cumprir as operações de condensação e/ou triagem de artigos conforme o requerido	Procedimentos, meios e recursos a empregar na realização de cada operação de condensação ou de triagem de artigos Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar são os que melhor se adequam às características de manuseamento do(s) artigo(s) envolvido(s), ao processo de condensação ou triagem requerido, e a outros eventuais requisitos aplicáveis	DP _{1(c).1.5} DP _{1(e).1.5} DP _{1(f).1.5} DP _{1(g).1.5}	Tipo V	
FR _{1(c).1.6} FR _{1(e).1.6} FR _{1(f).1.6} FR _{1(g).1.6}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(c).1} /FR _{1(e).1} /FR _{1(f).1} /FR _{1(g).1}), (DP _{1(c).1} /DP _{1(e).1} /DP _{1(f).1} /DP _{1(g).1}))	Efectuar correctamente a preparação da expedição do(s) artigo(s) pretendido(s)	Procedimentos, meios e recursos a empregar na preparação da expedição do(s) artigo(s) pretendido(s) Os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a utilizar são os que melhor se adequam às características de manuseamento do(s) artigo(s) envolvido(s), aos requisitos de expedição (incluindo requisitos legais e alfandegários) aplicáveis, e a outros eventuais requisitos aplicáveis	DP _{1(c).1.6} DP _{1(e).1.6} DP _{1(f).1.6} DP _{1(g).1.6}	Tipo V	
FR _{1(c).1.7} FR _{1(e).1.7} FR _{1(f).1.7} FR _{1(g).1.7}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo III)	Útil	(DP _{1(c).6} /DP _{1(e).6} /DP _{1(f).6} /DP _{1(g).6}))	Controlar temporariamente as operações de processamento de artigos/mercadorias pretendidas durante a prestação do serviço	Controlo e coordenação das operações de processamento de artigos/mercadorias	DP _{1(c).1.7} DP _{1(e).1.7} DP _{1(f).1.7} DP _{1(g).1.7}		

Matriz de projecto:

$$\begin{pmatrix} FR_{1(c).1.1} = FR_{1(e).1.1} = FR_{1(f).1.1} = FR_{1(g).1.1} \\ FR_{1(c).1.2} = FR_{1(e).1.2} = FR_{1(f).1.2} = FR_{1(g).1.2} \\ FR_{1(c).1.3} = FR_{1(e).1.3} = FR_{1(f).1.3} = FR_{1(g).1.3} \\ FR_{1(c).1.4} = FR_{1(e).1.4} = FR_{1(f).1.4} = FR_{1(g).1.4} \\ FR_{1(c).1.5} = FR_{1(e).1.5} = FR_{1(f).1.5} = FR_{1(g).1.5} \\ FR_{1(c).1.6} = FR_{1(e).1.6} = FR_{1(f).1.6} = FR_{1(g).1.6} \\ FR_{1(c).1.7} = FR_{1(e).1.7} = FR_{1(f).1.7} = FR_{1(g).1.7} \end{pmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & 0 & X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & 0 & X & X & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & X & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & X & X & X & 0 \\ X & X & X & X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{pmatrix} DP_{1(c).1.1} = DP_{1(e).1.1} = DP_{1(f).1.1} = DP_{1(g).1.1} \\ DP_{1(c).1.2} = DP_{1(e).1.2} = DP_{1(f).1.2} = DP_{1(g).1.2} \\ DP_{1(c).1.3} = DP_{1(e).1.3} = DP_{1(f).1.3} = DP_{1(g).1.3} \\ DP_{1(c).1.4} = DP_{1(e).1.4} = DP_{1(f).1.4} = DP_{1(g).1.4} \\ DP_{1(c).1.5} = DP_{1(e).1.5} = DP_{1(f).1.5} = DP_{1(g).1.5} \\ DP_{1(c).1.6} = DP_{1(e).1.6} = DP_{1(f).1.6} = DP_{1(g).1.6} \\ DP_{1(c).1.7} = DP_{1(e).1.7} = DP_{1(f).1.7} = DP_{1(g).1.7} \end{pmatrix} \quad (XX.13)$$

Papel da função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(c).1.7}, FR_{1(e).1.7}, FR_{1(f).1.7}, FR_{1(g).1.7}):

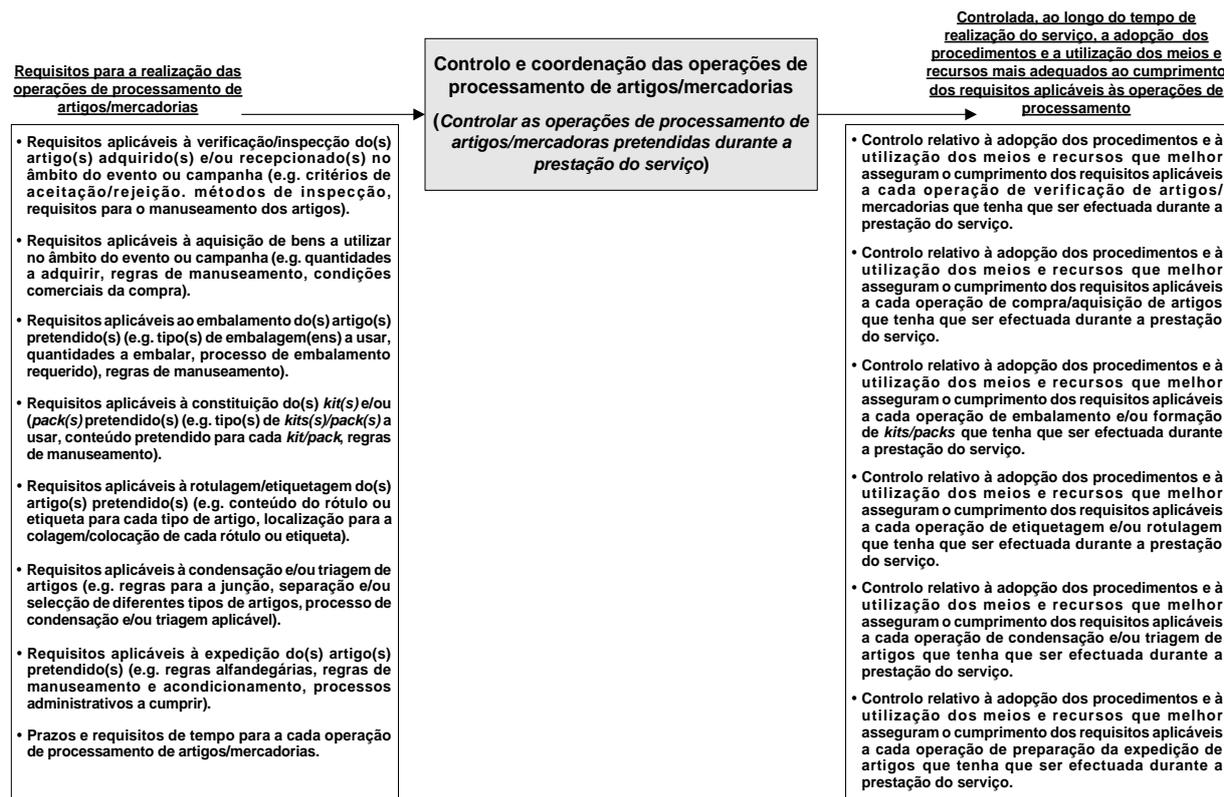


Figura XX.18 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(c).1.7}, FR_{1(e).1.7}, FR_{1(f).1.7}, FR_{1(g).1.7}).

vi. Decomposição do FR intitulado “Realizar correctamente as operações de distribuição necessárias ao evento ou campanha”, válida para os nós:

- FR_{1(c).2}-DP_{1(c).2}.
- FR_{1(e).5}-DP_{1(e).5}.
- FR_{1(f).4}-DP_{1(f).4}.
- FR_{1(g).6}-DP_{1(g).6}.

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1(c).2.1} = FR_{1(e).5.1} = FR_{1(f).4.1} = FR_{1(g).6.1} = Preparar o material a distribuir no âmbito do evento ou da campanha.
- FR_{1(c).2.2} = FR_{1(e).5.2} = FR_{1(f).4.2} = FR_{1(g).6.2} = Cumprir os requisitos procedimentais aplicáveis durante cada acto de distribuição.

- $FR_{1(c).2.3} = FR_{1(e).5.3} = FR_{1(f).4.3} = FR_{1(g).6.3}$ = Distribuir o material requerido pelos destinatários pretendidos.
- $FR_{1(c).2.4} = FR_{1(e).5.4} = FR_{1(f).4.4} = FR_{1(g).6.4}$ = Efectuar o controlo temporal das operações de distribuição requeridas, durante a prestação do serviço.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XX.30 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós

$FR_{1(c).2}$ - $DP_{1(c).2}$, $FR_{1(e).5}$ - $DP_{1(e).5}$, $FR_{1(f).4}$ - $DP_{1(f).4}$ e $FR_{1(g).6}$ - $DP_{1(g).6}$.

Código	Fonte	Constrangimentos Descrição do constrangimento	Impacto nos requisitos funcionais				Verificação
			$FR_{1(c).2.1}$ $FR_{1(e).5.1}$ $FR_{1(f).4.1}$ $FR_{1(g).6.1}$	$FR_{1(c).2.2}$ $FR_{1(e).5.2}$ $FR_{1(f).4.2}$ $FR_{1(g).6.2}$	$FR_{1(c).2.3}$ $FR_{1(e).5.3}$ $FR_{1(f).4.3}$ $FR_{1(g).6.3}$	$FR_{1(c).2.4}$ $FR_{1(e).5.4}$ $FR_{1(f).4.4}$ $FR_{1(g).6.4}$	
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)							
Constrangimentos de interface (Interface constraints)							
$C1c.2-1 / C1e.5-1 / C1f.4-1 / C1g.6-1$	$C1c-1, C1e-3/C1f-4/C1g-6$	Adequar os procedimentos, meios e recursos às especificações técnicas das operações de distribuição a realizar	X	X		X	Inspeção/Observação
$C1c.2-2 / C1e.5-2 / C1f.4-2 / C1g.6-2$	$C1c-5, C1e-7/C1f-8/C1g-10$	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho nas operações de distribuição a efectuar	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)							
$C1c.2-3 / C1e.5-3 / C1f.4-3 / C1g.6-3$	$C1c-6/C1e-8/C1f-9/C1g-11$	Poder efectuar todas as operações de distribuição em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	Inspeção/Observação
$C1c.2-4 / C1e.5-4 / C1f.4-4 / C1g.6-4$	$C1c-7/C1e-9/C1f-10/C1g-12$	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT relativamente às actividades de distribuição	X	X	X	X	Inspeção/Observação
$C1c.2-5 / C1e.5-5 / C1f.4-5 / C1g.6-5$	$C1c-8/C1e-10/C1f-11/C1g-13$	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis às actividades de distribuição realizadas	X	X	X	X	Inspeção/Observação
$C1c.2-6 / C1e.5-6 / C1f.4-6 / C1g.6-6$	$C1c-9/C1e-11/C1f-12/C1g-14$	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de distribuição	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)							
$C1c.2-7 / C1e.5-7 / C1f.4-7 / C1g.6-7$	$C1c-10/C1e-12/C1f-13/C1g-15$	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)							

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais (nível 2 para o nível 3):

Foi verificada a consistência dos quatro sub-FRs definidos com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2). A(s) fonte(s) de cada um desses quatro FRs situados no nível 3 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.31).

Parâmetros de projecto definidos:

- $DP_{1(c).2.1} = DP_{1(e).5.1} = DP_{1(f).4.1} = DP_{1(g).6.1}$ = Procedimentos, meios e recursos a empregar na preparação dos artigos a distribuir.
- $DP_{1(c).2.2} = DP_{1(e).5.2} = DP_{1(f).4.2} = DP_{1(g).6.2}$ = Procedimentos, meios e recursos a empregar na realização de cada operação de distribuição.
- $DP_{1(c).2.3} = DP_{1(e).5.3} = DP_{1(f).4.3} = DP_{1(g).6.3}$ = Dados acerca dos destinatários.
- $DP_{1(c).2.4} = DP_{1(e).5.4} = DP_{1(f).4.4} = DP_{1(g).6.4}$ = Controlo e coordenação das operações de distribuição.

Matriz de projecto:

$$\begin{cases} FR_{1(c).2.1} = FR_{1(e).5.1} = FR_{1(f).4.1} = FR_{1(g).6.1} \\ FR_{1(c).2.2} = FR_{1(e).5.2} = FR_{1(f).4.2} = FR_{1(g).6.2} \\ FR_{1(c).2.3} = FR_{1(e).5.3} = FR_{1(f).4.3} = FR_{1(g).6.3} \\ FR_{1(c).2.4} = FR_{1(e).5.4} = FR_{1(f).4.4} = FR_{1(g).6.4} \end{cases} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 \\ X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{cases} DP_{1(c).2.1} = DP_{1(e).5.1} = DP_{1(f).4.1} = DP_{1(g).6.1} \\ DP_{1(c).2.2} = DP_{1(e).5.2} = DP_{1(f).4.2} = DP_{1(g).6.2} \\ DP_{1(c).2.3} = DP_{1(e).5.3} = DP_{1(f).4.3} = DP_{1(g).6.3} \\ DP_{1(c).2.4} = DP_{1(e).5.4} = DP_{1(f).4.4} = DP_{1(g).6.4} \end{cases} \quad (XX.14)$$

Tabela FR/DP:

Quadro XX.31 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós FR_{1(c).2}-DP_{1(c).2}, FR_{1(e).5}-DP_{1(e).5}, FR_{1(f).4}-DP_{1(f).4} e FR_{1(g).6}-DP_{1(g).6}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental					Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental					
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP			
FR _{1(c).2} FR _{1(e).5} FR _{1(f).4} FR _{1(g).6}	Realizar correctamente as operações de distribuição necessárias ao evento ou campanha				Soluções logísticas de distribuição (pós-transporte) dirigidas para eventos e campanhas	DP _{1(c).2} DP _{1(e).5} DP _{1(f).4} DP _{1(g).6}	Tipo III			
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais				Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação	Efeito						
FR _{1(c).2.1} FR _{1(e).5.1} FR _{1(f).4.1} FR _{1(g).6.1}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(c).2} /DP _{1(e).5} /DP _{1(f).4} /DP _{1(g).6})	Preparar o material a distribuir no âmbito do evento ou da campanha	Procedimentos, meios e recursos a empregar na preparação dos artigos a distribuir A escolha dos procedimentos a adoptar e dos meios e recursos a utilizar depende fundamentalmente das características de manuseamento dos artigos e das quantidades a distribuir	DP _{1(c).2.1} DP _{1(e).5.1} DP _{1(f).4.1} DP _{1(g).6.1}	Tipo IV	
FR _{1(c).2.2} FR _{1(e).5.2} FR _{1(f).4.2} FR _{1(g).6.2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(c).2} /FR _{1(e).5} /FR _{1(f).4} /FR _{1(g).6}) (DP _{1(c).2} /DP _{1(e).5} /DP _{1(f).4} /DP _{1(g).6})	Cumprir os requisitos procedimentais aplicáveis durante cada acto de distribuição	Procedimentos, meios e recursos a empregar na realização de cada operação de distribuição No âmbito de determinadas campanhas ou de certos tipo de eventos, a distribuição pode ter que cumprir um conjunto de requisitos procedimentais, em consequência de uma estratégia promocional ou de <i>marketing</i> . Nesses casos, os procedimentos a adoptar e os meios e recursos a usar terão de ser escolhidos em do cumprimento desse requisitos	DP _{1(c).2.2} DP _{1(e).5.2} DP _{1(f).4.2} DP _{1(g).6.2}	Tipo IV	
FR _{1(c).2.3} FR _{1(e).5.3} FR _{1(f).4.3} FR _{1(g).6.3}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(c).2} /FR _{1(e).5} /FR _{1(f).4} /FR _{1(g).6}) (DP _{1(c).2} /DP _{1(e).5} /DP _{1(f).4} /DP _{1(g).6})	Distribuir o material requerido pelos destinatários pretendidos	Dados acerca dos destinatários A natureza dos dados necessários varia consoante o objectivo da distribuição. Quando os artigos a distribuir visam entidades (individuais e/ou colectivas) concretas, os dados descrevem a identidade de cada uma delas. Quando a distribuição no evento ou campanha se inserir no âmbito numa distribuição em massa, os dados são mais genéricos, sendo geralmente uma descrição do público-alvo	DP _{1(c).2.3} DP _{1(e).5.3} DP _{1(f).4.3} DP _{1(g).6.3}	Tipo V	
FR _{1(c).2.4} FR _{1(e).5.4} FR _{1(f).4.4} FR _{1(g).6.4}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo III)	Útil	(DP _{1(c).2} /DP _{1(e).5} /DP _{1(f).4} /DP _{1(g).6})	Efectuar o controlo temporal das operações de distribuição requeridas durante a prestação do serviço	Controlo e coordenação das operações de distribuição	DP _{1(c).2.4} DP _{1(e).5.4} DP _{1(f).4.4} DP _{1(g).6.4}	Tipo II	

Papel da função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(c).2.4}, FR_{1(e).5.4}, FR_{1(f).4.4}, FR_{1(g).6.4}):

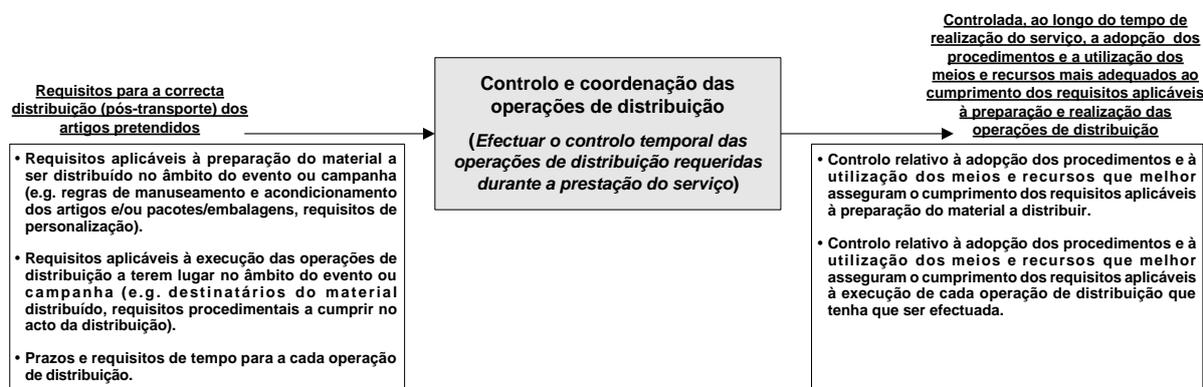


Figura XX.19 – Diagrama Input/Output relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(c).2.4}, FR_{1(e).5.4}, FR_{1(f).4.4}, FR_{1(g).6.4}).

vii. Decomposição do FR intitulado “Realizar correctamente as operações de mudança/movimentação dos bens pretendidos”, válida para os nós:

- FR_{1(c).3}-DP_{1(c).3}.
- FR_{1(e).2}-DP_{1(e).2}.
- FR_{1(f).5}-DP_{1(f).5}.
- FR_{1(g).7}-DP_{1(g).7}.

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1(c).3.1} = FR_{1(e).2.1} = FR_{1(f).5.1} = FR_{1(g).7.1} = Preparar a realização da mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s).

- $FR_{1(c).3.2} = FR_{1(e).2.2} = FR_{1(f).5.2} = FR_{1(g).7.2}$ = Efectuar a mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s).
- $FR_{1(c).3.3} = FR_{1(e).2.3} = FR_{1(f).5.3} = FR_{1(g).7.3}$ = Finalizar a mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s).
- $FR_{1(c).3.4} = FR_{1(e).2.4} = FR_{1(f).5.4} = FR_{1(g).7.4}$ = Efectuar o controlo temporal das operações de movimentação/mudança requeridas, durante a prestação do serviço.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XX.32 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição dos nós $FR_{1(c).3}$ - $DP_{1(c).3}$, $FR_{1(e).2}$ - $DP_{1(e).2}$, $FR_{1(f).5}$ - $DP_{1(f).5}$ e $FR_{1(g).7}$ - $DP_{1(g).7}$.

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais				Verificação
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	$FR_{1(c).3.1}$ $FR_{1(e).2.1}$ $FR_{1(f).5.1}$ $FR_{1(g).7.1}$	$FR_{1(c).3.2}$ $FR_{1(e).2.2}$ $FR_{1(f).5.2}$ $FR_{1(g).7.2}$	$FR_{1(c).3.3}$ $FR_{1(e).2.3}$ $FR_{1(f).5.3}$ $FR_{1(g).7.3}$	$FR_{1(c).3.4}$ $FR_{1(e).2.4}$ $FR_{1(f).5.4}$ $FR_{1(g).7.4}$	
Especificações críticas de desempenho (<i>Critical performance specifications</i>)							
Constrangimentos de interface (<i>Interface constraints</i>)							
$C1c.3-1 / C1e.2-1 / C1f.5-1 / C1g.7-1$	C1c-1, C1e-3/C1f-4/C1g-6	Adequar os procedimentos, meios e recursos às especificidades técnicas das operações de mudança/movimentação <i>in-house</i> a realizar	X	X	X	X	Inspeção/Observação
$C1c.3-2 / C1e.2-2 / C1f.5-2 / C1g.7-2$	C1c-5, C1e-7/C1f-8/C1g-10	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho nas operações de mudança/movimentação <i>in-house</i> a efectuar	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (<i>Global constraints</i>)							
$C1c.3-3 / C1e.2-3 / C1f.5-3 / C1g.7-3$	C1c-6/C1e-8/C1f-9/C1g-11	Poder efectuar todas as operações de mudança/movimentação <i>in-house</i> em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	Inspeção/Observação
$C1c.3-4 / C1e.2-4 / C1f.5-4 / C1g.7-4$	C1c-7/C1e-9/C1f-10/C1g-12	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT relativamente às actividades de mudança/movimentação <i>in-house</i>	X	X	X	X	Inspeção/Observação
$C1c.3-5 / C1e.2-5 / C1f.5-5 / C1g.7-5$	C1c-8/C1e-10/C1f-11/C1g-13	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis às actividades de mudança/movimentação <i>in-house</i> realizadas	X	X	X	X	Inspeção/Observação
$C1c.3-6 / C1e.2-6 / C1f.5-6 / C1g.7-6$	C1c-9/C1e-11/C1f-12/C1g-14	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de mudança/ movimentação <i>in-house</i>	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (<i>Project constraints</i>)							
$C1c.3-7 / C1e.2-7 / C1f.5-7 / C1g.7-7$	C1c-10/C1e-12/C1f-13/C1g-15	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (<i>Feature constraints</i>)							

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais (nível 2 para o nível 3):

Foi verificada a consistência dos quatro sub-FRs definidos com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2). A(s) fonte(s) de cada um desses quatro FRs situados no nível 3 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.33).

Parâmetros de projecto definidos:

- $DP_{1(c).3.1} = DP_{1(e).2.1} = DP_{1(f).5.1} = DP_{1(g).7.1}$ = Soluções de acondicionamento para protecção/ conservação do(s) artigo(s) a movimentar.
- $DP_{1(c).3.2} = DP_{1(e).2.2} = DP_{1(f).5.2} = DP_{1(g).7.2}$ = Procedimentos, meios e recursos de transporte *in-house* a empregar durante a realização da mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s).
- $DP_{1(c).3.3} = DP_{1(e).2.3} = DP_{1(f).5.3} = DP_{1(g).7.3}$ = Soluções de descarga/retirada do(s) artigo(s) movimentado(s).
- $DP_{1(c).3.4} = DP_{1(e).2.4} = DP_{1(f).5.4} = DP_{1(g).7.4}$ = Controlo e coordenação das operações de mudança/ movimentação.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.33 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição dos nós FR_{1(c).3}-DP_{1(c).3}, FR_{1(e).2}-DP_{1(e).2}, FR_{1(f).5}-DP_{1(f).5} e FR_{1(g).7}-DP_{1(g).7}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental					Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental					
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP			
FR _{1(c).3} FR _{1(e).2} FR _{1(f).5} FR _{1(g).7}	Realizar correctamente as operações de mudança/movimentação dos bens pretendidos				Soluções logísticas de mudança/movimentação <i>in-house</i>	DP _{1(c).3} DP _{1(e).2} DP _{1(f).5} DP _{1(g).7}	Tipo III			
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais			Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							
FR _{1(c).3.1} FR _{1(e).2.1} FR _{1(f).5.1} FR _{1(g).7.1}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(c).3} /DP _{1(e).2} /DP _{1(f).5} /DP _{1(g).7})	Preparar a realização da mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s)	Soluções de acondicionamento para protecção/conservação do(s) artigo(s) a movimentar A escolha das soluções de acondicionamento a adoptar depende das características de manuseamento do(s) artigo(s), dos espaços e do percurso onde a movimentação terá lugar	DP _{1(c).3.1} DP _{1(e).2.1} DP _{1(f).5.1} DP _{1(g).7.1}	Tipo IV	
FR _{1(c).3.2} FR _{1(e).2.2} FR _{1(f).5.2} FR _{1(g).7.2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	(FR _{1(c).3} /FR _{1(e).2} /FR _{1(f).5} /FR _{1(g).7}), (DP _{1(c).3} /DP _{1(e).2} /DP _{1(f).5} /DP _{1(g).7})	Efectuar a mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s)	Procedimentos, meios e recursos de transporte <i>in-house</i> a empregar durante a realização da mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s) A escolha desses procedimentos, meios e recursos a utilizar no transporte <i>in-house</i> depende das características de manuseamento do(s) artigo(s) a movimentar e das características físicas dos locais e do percurso onde a movimentação tem lugar	DP _{1(c).3.2} DP _{1(e).2.2} DP _{1(f).5.2} DP _{1(g).7.2}	Tipo IV	
FR _{1(c).3.3} FR _{1(e).2.3} FR _{1(f).5.3} FR _{1(g).7.3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	(DP _{1(c).3} /DP _{1(e).2} /DP _{1(f).5} /DP _{1(g).7})	Finalizar a mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s)	Soluções de descarga/retirada do(s) artigo(s) movimentado(s) A escolha das soluções de descarga adopta depende das características de manuseamento do(s) artigo(s), do(s) meio(s) de transporte <i>in-house</i> usado(s) e do local onde a operação de movimentação foi concluído	DP _{1(c).3.3} DP _{1(e).2.3} DP _{1(f).5.3} DP _{1(g).7.3}	Tipo V	
FR _{1(c).3.4} FR _{1(e).2.4} FR _{1(f).5.4} FR _{1(g).7.4}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo III)	Útil	(DP _{1(c).3} /DP _{1(e).2} /DP _{1(f).5} /DP _{1(g).7})	Efectuar o controlo temporal das operações de movimentação/mudança requeridas, durante a prestação do serviço	Controlo e coordenação das operações de mudança/movimentação	DP _{1(c).3.4} DP _{1(e).2.4} DP _{1(f).5.4} DP _{1(g).7.4}	Tipo III	

Matriz de projecto:

$$\begin{cases} FR_{1(c).3.1} = FR_{1(e).2.1} = FR_{1(f).5.1} = FR_{1(g).7.1} \\ FR_{1(c).3.2} = FR_{1(e).2.2} = FR_{1(f).5.2} = FR_{1(g).7.2} \\ FR_{1(c).3.3} = FR_{1(e).2.3} = FR_{1(f).5.3} = FR_{1(g).7.3} \\ FR_{1(c).3.4} = FR_{1(e).2.4} = FR_{1(f).5.4} = FR_{1(g).7.4} \end{cases} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 \\ X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{cases} DP_{1(c).3.1} = DP_{1(e).2.1} = DP_{1(f).5.1} = DP_{1(g).7.1} \\ DP_{1(c).3.2} = DP_{1(e).2.2} = DP_{1(f).5.2} = DP_{1(g).7.2} \\ DP_{1(c).3.3} = DP_{1(e).2.3} = DP_{1(f).5.3} = DP_{1(g).7.3} \\ DP_{1(c).3.4} = DP_{1(e).2.4} = DP_{1(f).5.4} = DP_{1(g).7.4} \end{cases} \quad (XX.15)$$

Papel da função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(c).3.4}, FR_{1(e).2.4}, FR_{1(f).5.4}, FR_{1(g).7.4}):

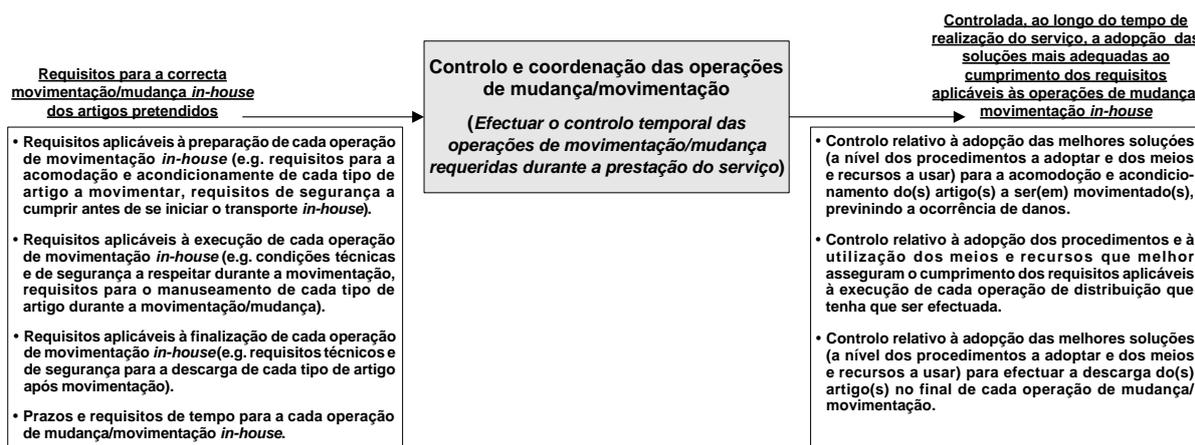


Figura XX.20 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR_{1(c).3.4}, FR_{1(e).2.4}, FR_{1(f).5.4}, FR_{1(g).7.4}).

→ **Decomposição do ramo referente aos serviços de transporte (nó FR₂-DP₂):**

➤ **Nível hierárquico 2:**

a) **Decomposição se DP_{2a} (soluções standard) for seleccionado:**

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{2(a).1} = Entregar os artigos pretendidos em boas condições.
- FR_{2(a).2} = Efectuar as operações de recolha e de entrega nos locais pretendidos.
- FR_{2(a).3} = Cumprir os tempos requeridos para a realização de cada recolha e entrega.
- FR_{2(a).4} = Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço de transporte contratado.
- FR_{2(a).5} = Programar a realização do serviço de transporte face ao requerido.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XX.34 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR₂-DP₂, quando a escolha do elemento de solução DP₂ recair sobre DP_{2a}.

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais					
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR _{2(a).1}	FR _{2(a).2}	FR _{2(a).3}	FR _{2(a).4}	FR _{2(a).5}	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)								
C2a-1	C-2	Entregas atempadas no destino			X		X	Sistema informação
Constrangimentos de interface (Interface constraints)								
C2a-2	C-11	Adequar os meios de acomodamento dos artigos a transportar atendendo às suas características de manuseamento	X				X	Inspeção/Observação
C2a-3	C-11	Adequar os meios de transporte ao peso e volume de cada artigo a transportar	X		X		X	Inspeção/Observação
C2a-4	Dir. Marketing & Vendas	Assegurar o cumprimento das opções especiais de entrega accionadas pelo cliente na carta de porte do serviço <i>standard</i>			X			Inspeção/Observação
C2a-5	C-12	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo no contacto com o cliente			X	X		Inspeção/Observação
C2a-6	C-13	Permitir rastrear a execução do serviço de transporte	X			X	X	Inspeção/Observação
C2a-7	C-14	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização do serviço de transporte	X	X	X		X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)								
C2a-8	C-16	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT para os serviços de transporte <i>standard</i>	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2a-9	C-17	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2a-10	C-18	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente aos serviços de transporte <i>standard</i>	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)								
C2a-11	C-19	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)								

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi efectuada a verificação da consistência dos cinco sub-FRs definidos (FR_{2(a).1} a FR_{2(a).5}) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1). As regras adoptadas para determinar essa consistência foram aquelas que se encontram descritas na secção 5.4.2.4 da tese, relativamente ao método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV) aí proposto, nomeadamente:

- Todas as potenciais fontes conducentes à formulação dos FRs situados no nível 2 foram consideradas, tendo sido respeitada a ordem de importância dessas fontes. A(s) fonte(s) que deu(deram) origem a cada um desses FRs encontra(m)-se indicada(s) no quadro XX.35.
- Os três primeiros FRs (FR_{2(a).1} a FR_{2(a).3}) foram definidos a partir do DP parental directo (DP_{2a}), correspondendo por isso a funções básicas desse DP_{2a}. Estes três FRs também obedecem à lógica “Como-Porquê”, relativamente ao FR parental (FR₂), estando por isso associados a uma função dependente.

- O quarto FR (FR_{2(a).4}) visa assegurar que o sistema de *Customer Service* da TNT, incluído no elemento de solução DP₄ (ver quadro 7.6 da tese), fornece o apoio/suporte ao cliente nos serviços de transporte *standard* prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas. Assim, FR_{2(a).4} deriva de DP₄, o qual satisfaz a função de suporte e integração FR₄.
- A especificação crítica de desempenho relativa ao nível de serviço das entregas (C-1) (ver quadro 7.5 da tese) foi desdobrada no primeiro e terceiro FRs (FR_{2(a).1} e FR_{2(a).3}), pois o nível de serviço é um indicador da capacidade de efectuar a entrega atempada dos bens pretendidos.
- A especificação crítica de desempenho relativa à taxa de ocorrências de mercadoria danificada ou extraviada (C-4) (ver quadro 7.5 da tese) foi desdobrada no terceiro FR (FR_{2(a).3}).
- O constrangimento de interface C-13 (ver quadro 7.5 da tese), para além de ter sido refinado (ver quadro XX.8), de modo a ser enquadrado especificamente nos serviços de armazenagem, contribuiu para que fosse formulado o requisito funcional FR_{1(a).3}, associado a uma função de suporte do serviço, nomeadamente no que diz respeito à necessidade de disponibilização de soluções de *track & trace* (rastreo) para os serviços de armazenagem contratados.
- Os constrangimentos de interface C-10 e C-11 (ver quadro XX.6), para além de terem sido refinados (ver quadro XX.8), contribuíram para que fosse formulado o requisito funcional FR_{1(a).4}, associado a uma função de comando e controlo.

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{2(a).1} = Soluções de acondicionamento e de ID dos artigos transportados.
 - Essas soluções são aplicáveis a artigos de manuseamento normal.
- DP_{2(a).2} = Descritivo sobre os locais de recolha e de entrega.
 - Endereço, coordenadas geográficas e outros dados sobre a localização dos locais de recolha e de entrega.
- DP_{2(a).3} = Velocidade do transporte (solução de transporte/*network* da TNT) para serviços *standard*.
 - As seguintes soluções, válidas para artigos de manuseamento normal, estão disponíveis: *Time Certain* (recolha até à hora catalogada; entrega no dia seguinte, em qualquer ponto do país, até à hora pré-estabelecida, que pode ser: 9h00, 10h00 ou 12h00); *Next Day* (recolha até à hora catalogada; entrega no dia seguinte em qualquer ponto do país ou da Europa); *Day Certain* (recolha até à hora catalogada; entrega, em qualquer ponto do país ou da Europa, num determinado dia pré-estabelecido, que não o dia seguinte ao da recolha); *Day Uncertain* (recolha até à hora catalogada; previsão de entrega, num ponto fora do espaço nacional, num intervalo de ± 1 dia).
- DP_{2(a).4} = Sistema TNT CS (*Customer Service*) para o serviço de transporte (inclui os meios de *track & trace* da TNT nesta área).
- DP_{2(a).5} = Processo de programação do serviço de transporte.

Matriz de projecto:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{FR}_{2(a).1} \\ \text{FR}_{2(a).2} \\ \text{FR}_{2(a).3} \\ \text{FR}_{2(a).4} \\ \text{FR}_{2(a).5} \end{array} \right\} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & X & 0 & 0 \\ X & 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & 0 & X \end{bmatrix} \left\{ \begin{array}{l} \text{DP}_{2(a).1} \\ \text{DP}_{2(a).2} \\ \text{DP}_{2(a).3} \\ \text{DP}_{2(a).4} \\ \text{DP}_{2(a).5} \end{array} \right\} \quad (\text{XX.16})$$

Principais notas interpretativas acerca desta matriz de projecto:

- A definição das soluções de acondicionamento e identificação (ID) (DP_{2(a),1}) a adoptar é feita de forma a garantir a sua preservação, integridade e rastreabilidade (a garantia desta rastreabilidade contribui para a satisfação do FR_{2(a),4}), e assim assegurar a sua entrega integral e em perfeitas condições (FR_{2(a),1}).
- Para assegurar que as actividades de recolha e de entrega ocorrem nas localizações correctas (FR_{2(a),2}), é elaborado e disponibilizado ao(s) estafeta(s) o descritivo (incluindo as coordenadas geográficas de GPS) que identifica os locais de recolha e de entrega (DP_{2(a),2}). Este descritivo também contribui para que sejam cumpridos os tempos/prazos para a recolha e a entrega (FR_{2(a),3}).
- Através do sistema de *Customer Service* (CS) da TNT (DP_{2(a),4}), que inclui o sistema de *tracking & trace*, é prestado o apoio ao cliente relativamente ao serviço contratado (FR_{2(a),4}).
- Finalmente, o quinto requisito funcional (FR_{2(a),5}), associado a uma função de comando e controlo de tipo II, é concretizado através do processo de programação do serviço de transporte (DP_{2(a),5}).

Tabela FR/DP:

Quadro XX.35 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR₂-DP₂, quando a escolha para o elemento de solução DP₂ recair sobre o DP_{2a}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental						Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR ₂	Transportar correctamente qualquer tipo de mercadoria, no tempo requerido, desde a origem até ao destino pretendidos					Serviços de transporte para eventos/campanhas (<i>soluções standard</i>)	DP _{2a}	Tipo II		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais			Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							
FR _{2(a),1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{2a} , FR ₂ , C-1, C-4	Entregar os artigos pretendidos em boas condições	Soluções de acondicionamento e de ID dos artigos transportados Essas soluções são aplicáveis a artigos de manuseamento normal	DP _{2(a),1}	Tipo III	
FR _{2(a),2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{2a} , FR ₂	Efectuar as operações de recolha e de entrega nos locais pretendidos	Descritivo sobre os locais de recolha e de entrega Endereço, coordenadas geográficas e outros dados sobre a localização dos lugares de recolha e de entrega	DP _{2(a),2}	Tipo IV	
FR _{2(a),3}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{2a} , FR ₂ , C-1	Cumprir os tempos requeridos para a realização de cada recolha e entrega	Velocidade do transporte (<i>solução de transporte/network da TNT para serviços standard</i>) As seguintes soluções, válidas para artigos de manuseamento normal, estão disponíveis: <i>Time Certain</i> (recolha até à hora catalogada; entrega no dia seguinte, em qualquer ponto do país, até à hora pré-estabelecida, que pode ser: 9h00, 10h00 ou 12h00); <i>Next Day</i> (recolha até à hora catalogada; entrega no dia seguinte em qualquer ponto do país ou da Europa); <i>Day Certain</i> (recolha até à hora catalogada; entrega, em qualquer ponto do país ou da Europa, num determinado dia pré-estabelecido, que não o dia seguinte ao da recolha); <i>Day Uncertain</i> (recolha até à hora catalogada; previsão de entrega, num ponto fora do espaço nacional, num intervalo de ± 1 dia).	DP _{2(a),3}	Tipo III	
FR _{2(a),4}	Estima	Suporte	Processo	Útil	DP ₄ , C-13	Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço de transporte contratado	Sistema TNT CS (<i>Customer Service</i>) para o serviço de transporte (inclui os meios de <i>track & trace</i> da TNT nesta área)	DP _{2(a),4}	Tipo III	
FR _{2(a),5}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo II)	Útil	C-10, C-11	Programar a realização do serviço de transporte face ao requerido	Processo de programação do serviço de transporte <i>standard</i>	DP _{2(a),5}	Tipo II	

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo II, FR_{2(a),5}:

O requisito funcional FR_{2(a),5} está associado a uma função de comando e controlo de tipo II, a qual é assegurada pelo processo de programação do serviço de armazenagem. Compete a esta função:

- Determinar, relativamente ao serviço de transporte pretendido, o seguinte:
 - A(s) data(s) e horário(s) requerido(s) para a realização da(s) recolha(s) e entrega(s).
 - As quantidades a recolher e entregar de cada tipo de artigo.
 - As características de cada tipo de artigo a transportar, nomeadamente: volume, peso, presença de material(ais) (e.g. vidro) que implique(m) cuidados de manipulação.
 - O(s) local(ais) onde deve(m) ocorrer a(s) recolha(s) e entrega(s).
- Seleccionar:
 - As soluções que melhor garantam o adequado manuseamento, acomodamento, acondicionamento e identificação/rastreo dos artigos a transportar.
 - A solução operacional de transporte e *network* (rota a usar) que melhor assegure o cumprimento das datas e horários requeridos para cada recolha e entrega.

- Coordenar a afectação/alocação/selecção temporal dos procedimentos, meios, recursos e soluções operacionais de transporte e de *network*, referidos no ponto anterior, em função dos requisitos específicos aplicáveis ao serviço em diferentes momentos do tempo (a sequência temporal desses requisitos é determinada pela função de comando e controlo de tipo I, FR₃).

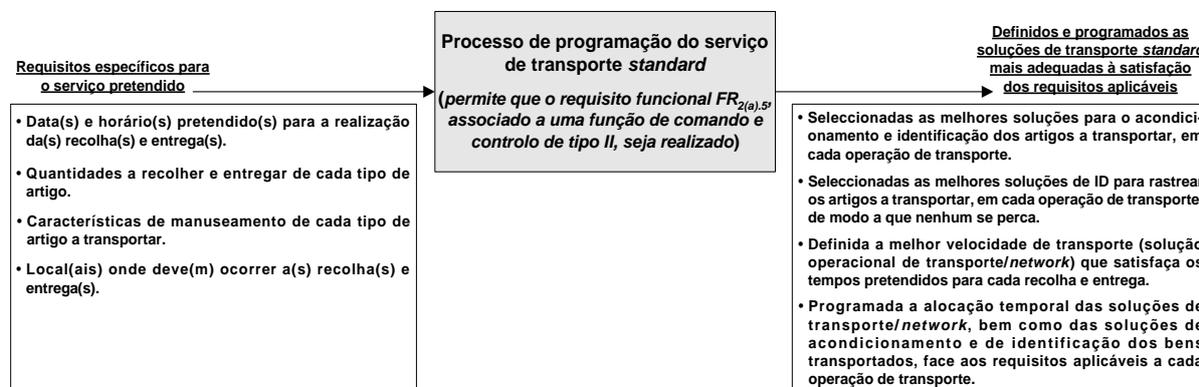


Figura XX.21 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços *standard* de transporte prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas.

b) Decomposição se DP_{2b} (soluções de transporte à medida) for seleccionado:

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{2(b),1} = Entregar os artigos pretendidos em boas condições.
- FR_{2(b),2} = Efectuar as operações de recolha e de entrega nos locais pretendidos.
- FR_{2(b),3} = Cumprir os tempos requeridos para a realização de cada recolha e entrega.
- FR_{2(b),4} = Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço de transporte à medida contratado.
- FR_{2(b),5} = Programar a realização do serviço de transporte à medida.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XX.36 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR₂-DP₂, quando a escolha do elemento de solução DP₂ recair sobre DP_{2b}.

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais					
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR _{2(b),1}	FR _{2(b),2}	FR _{2(b),3}	FR _{2(b),4}	FR _{2(b),5}	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)								
C2b-1	C-2	Entregas atempadas no destino			X		X	Sistema de informação
C2b-2	C-3	Sucesso dos serviços de transporte críticos em tempo			X		X	Sistema de informação
Constrangimentos de interface (Interface constraints)								
C2b-3	C-9	Adequar os meios de transporte ao tipo de percurso e às características de acessibilidade dos locais onde a recolha/carga e a entrega/descarga têm lugar			X		X	Inspeção/Observação
C2b-4	C-11	Adequar os meios de acomodamento dos artigos a transportar atendendo às suas características de manuseamento	X					Inspeção/Observação
C2b-5	C-11	Dotar os meios de transporte das condições de acondicionamento que assegurem a preservação/conservação e integridade dos artigos transportados, atendendo às características de manuseamento dos mesmos	X		X		X	Inspeção/Observação
C2b-6	C-12	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo no contacto com o cliente			X	X		Inspeção/Observação
C2b-7	C-13	Permitir rastrear a execução do serviço de transporte à medida				X	X	Inspeção/Observação
C2b-8	C-14	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização do serviço de transporte à medida	X	X	X		X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)								
C2b-9	C-15	Poder efectuar os serviços de transporte à medida em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2b-10	C-16	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT para os serviços de transporte	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2b-11	C-17	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2b-12	C-18	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de transporte de cada cliente	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)								
C2b-13	C-19	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)								

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi efectuada a verificação da consistência dos cinco sub-FRs definidos (FR_{2(b).1} a FR_{2(b).5}) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1), utilizando para tal as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um dos FRs situados neste nível 2 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.37).

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{2(b).1} = Soluções de acondicionamento e de ID dos artigos transportados, incluindo artigos de manuseamento especial.
 - Essas soluções são definidas em função das características de manuseamento dos artigos a transportar. Os artigos podem ser de manuseamento normal ou especial (bens perecíveis, substâncias perigosas, artigos de grande volume, artigos de grande peso, artigos de elevado valor, artigos de manipulação delicada e/ou artigos com elevado grau de especialização técnica no manuseamento).
- DP_{2(b).2} = Descritivo sobre os locais de recolha e de entrega e condições do transporte para aceder a esses locais.
 - O descritivo contém o endereço, coordenadas geográficas e outros dados sobre o(s) local(ais) de recolha e de entrega, bem como a descrição de eventuais características especiais de acessibilidade a esse(s) local(ais). Se houver características especiais de acessibilidade ao local de recolha e/ou ao de entrega, é necessário definir quais as condições de transporte (e.g. meios e equipamentos especiais de apoio à carga/ descarga, características dimensionais e/ou de locomoção do(s) veículo(s)) que viabilizarão o acesso a esse(s) local(ais).
- DP_{2(b).3} = Velocidade do transporte (solução de transporte/rota) para serviços à medida.
 - As seguintes soluções, válidas para qualquer tipo de artigo (independentemente das suas características de manuseamento) a transportar entre quaisquer dois pontos geográficos do mundo, estão disponíveis: *Sameday* (recolha e entrega no mesmo dia, sempre que a distância entre os pontos de recolha e entrega o permitir); *Time Critical* (recolha e entrega o mais rápido possível); *Time Certain* (recolha e entrega em datas e horas pré-definidas, que não ocorram dentro do mesmo dia); *Next Day Special* (recolha em qualquer horário e entrega no dia seguinte, sempre que a distância o permitir).
- DP_{1(b).4} = Sistema TNT CS (*Customer Service*) para o serviço de transporte (inclui os meios de *track & trace* da TNT nesta área).
- DP_{1(b).5} = Processo de programação do serviço de transporte à medida.

Matriz de projecto:

$$\left. \begin{array}{l} \text{FR}_{2(b).1} \\ \text{FR}_{2(b).2} \\ \text{FR}_{2(b).3} \\ \text{FR}_{2(b).4} \\ \text{FR}_{2(b).5} \end{array} \right\} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 & 0 \\ X & 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & 0 & X \end{bmatrix} \left. \begin{array}{l} \text{DP}_{2(b).1} \\ \text{DP}_{2(b).2} \\ \text{DP}_{2(b).3} \\ \text{DP}_{2(b).4} \\ \text{DP}_{2(b).5} \end{array} \right\} \quad (\text{XX.17})$$

Principais notas interpretativas acerca desta matriz de projecto:

- Em primeiro lugar, são definidas as soluções de acondicionamento e de ID dos artigos transportados (DP_{2(b).1}), visando assegurar a sua entrega integral e em perfeitas condições (FR_{2(b).1}). Isso

passa por definir, para cada tipo de artigo a transportar, face às suas características de manuseamento, o seguinte: as condições de acomodamento a disponibilizar (relacionadas com o embalamento ou *packing*); as boas práticas de *handling* a adoptar; as condições de acondicionamento a adoptar no transporte; as soluções de identificação que permitam rastrear cada artigo. As condições de acondicionamento definidas vão influenciar a escolha do(s) meio(s) de transporte que pode(m) ser usado(s), o(s) qual(ais) determinam a capacidade para conseguir cumprir os tempos de cada recolha e entrega (FR_{2(b).3}). As soluções de ID contribuem para que o cliente possa monitorizar o serviço de transporte solicitado (FR_{2(b).4}).

- Paralelamente, é elaborado e disponibilizado ao(s) estafeta(s) o descritivo (incluindo as coordenadas geográficas de GPS) que identifica os locais de recolha e de entrega (DP_{2(a).2}). Este descritivo também contribui para que sejam cumpridos os tempos/prazos para a recolha e a entrega (FR_{2(a).3}). Quando o local de recolha e/ou o de entrega apresentar(em) características especiais de acessibilidade (e.g. ruas estreitas, piso de areal, entre outras particularidades possíveis), o elemento de solução DP_{2(b).2} também as indicará.
- Em terceiro lugar, é definida a velocidade de transporte (DP_{2(b).3}) que, expectavelmente, melhor assegura o cumprimento das datas e horários requeridos para cada recolha e entrega (FR_{2(b).3}). Tal passa pela definição do(s) meio(s) de transporte e rota (terrestre, aérea e/ou marítima) a seguir desde o ponto da recolha até ao da entrega.
- Através do sistema de *Customer Service* (CS) da TNT (DP_{2(b).4}), que inclui o sistema de *tracking & trace*, é prestado o apoio ao cliente relativamente ao serviço de transporte contratado (FR_{2(b).4}).
- Finalmente, o quinto requisito funcional (FR_{2(b).5}), associado a uma função de comando e controlo de tipo II, é concretizado através do processo de programação do serviço de transporte (DP_{2(b).5}).

Tabela FR/DP:

Quadro XX.37 – Tabela FR/DP, referente ao nível 2 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR₂-DP₂, quando a escolha para o elemento de solução DP₂ recair sobre o DP_{2b}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental						Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR ₂	Transportar correctamente qualquer tipo de mercadoria, no tempo requerido, desde a origem até ao destino pretendidos					Serviços de transporte para eventos/campanhas (soluções de transporte à medida)	DP _{2b}	Tipo II		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Aplicação	Classificações funcionais			Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
		Hierarquia	Transformação	Efeito						
FR _{2(b).1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{2b} , FR ₂ , C-1, C-4, C-5	Entregar os artigos pretendidos em boas condições	Soluções de acondicionamento e de ID dos artigos transportados, incluindo artigos de manuseamento especial Essas soluções são definidas em função das características de manuseamento dos artigos a transportar. Os artigos podem ser de manuseamento normal ou especial (bens perecíveis, substâncias perigosas, artigos de grande volume, artigos de grande peso, artigos de elevado valor, artigos de manipulação delicada e/ou artigos com elevado grau de especialização técnica no manuseamento).	DP _{2(b).1}	Tipo III	
FR _{2(b).2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{2b} , FR ₂	Efectuar as operações de recolha e de entrega nos locais pretendidos	Descritivo sobre os locais de recolha e de entrega e condições do transporte para aceder a esses locais O descritivo contém o endereço, coordenadas geográficas e outros dados sobre o(s) local(ais) de recolha e de entrega, bem como a descrição de eventuais características especiais de acessibilidade a esse(s) local(ais). Se houver características especiais de acessibilidade ao local de recolha e/ou ao de entrega, é necessário definir quais as condições de transporte (e.g. meios e equipamentos especiais de apoio à carga/descarga, características dimensionais e/ou de locomoção do(s) veiculo(s) que viabilizarão o acesso a esse(s) local(ais))	DP _{2(b).2}	Tipo IV	
FR _{2(b).3}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{2b} , FR ₂ , C-1	Cumprir os tempos requeridos para a realização de cada recolha e entrega	Velocidade do transporte (solução de transporte/rota) para serviços à medida As seguintes soluções, válidas para qualquer tipo de artigo (independentemente das suas características de manuseamento) a transportar entre quaisquer dois pontos geográficos do mundo, estão disponíveis: <i>Sameday</i> (recolha e entrega no mesmo dia, sempre que a distância entre os pontos de recolha e entrega o permitir); <i>Time Critical</i> (recolha e entrega o mais rápido possível); <i>Time Certain</i> (recolha e entrega em datas e horas pré-definidas, que não ocorram dentro do mesmo dia); <i>Next Day Special</i> (recolha em qualquer horário e entrega no dia seguinte, sempre que a distância o permitir).	DP _{2(b).3}	Tipo III	
FR _{2(b).4}	Estima	Suporte	Processo	Útil	DP ₂ , C-13	Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço de transporte à medida contratado	Sistema TNT CS (<i>Customer Service</i>) para o serviço de transporte (inclui <i>Manager Account</i> e os meios de <i>track & trace</i> da TNT nesta área)	DP _{2(b).4}	Tipo III	
FR _{2(b).5}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo II)	Útil	C-10, C-11	Programar a realização do serviço de transporte à medida	Processo de programação do serviço de transporte à medida	DP _{2(b).5}	Tipo II	

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo II, FR_{2(b).5}:

O requisito funcional FR_{2(b).5} encontra-se associado a uma função de comando e controlo de tipo II, a qual é assegurada pelo processo de programação do serviço de armazenagem. Compete a esta função:

- Determinar, relativamente ao serviço de transporte à medida requerido, o seguinte:
 - A data e horário pretendidos para a realização de cada recolha e entrega.
 - As características de cada tipo de artigo a transportar, diferenciando duas classes: artigos de manuseamento normal e artigos que requerem manuseamento especial.
 - A(s) categoria(s) em que cada tipo de artigo de manuseamento especial se enquadra. Um artigo de manuseamento especial pode enquadrar-se numa ou mais das seguintes categorias: bens perecíveis (artigos que necessitam de permanecer em condições ambientais controladas), substâncias perigosas (artigos que podem significar risco para a saúde, segurança e bens), artigos de grande volume, artigos de grande peso, artigos de elevado valor monetário, artigos de manipulação delicada (artigos com materiais muito frágeis) e/ou artigos com elevado grau de especialização técnica no manuseamento.
 - As características e propriedades intrínsecas a cada tipo de artigo e, com base nelas, as regras de manuseamento, acomodação e acondicionamento a cumprir tendo em vista a sua preservação e integridade.
 - As quantidades a recolher e entregar de cada tipo de artigo.
 - O(s) local(ais) onde deve(m) ocorrer a(s) recolha(s) e entrega(s).
 - As características de cada local onde deve ocorrer a recolha/carga e entrega/descarga, identificando eventuais condições especiais de acessibilidade.
- Seleccionar as melhores soluções de acondicionamento que:
 - Garantam o correcto manuseamento de cada tipo de artigo a transportar, dadas as suas características. Este aspecto diz respeito à selecção das melhores soluções de *handling*.
 - Protejam/acomodem, através de soluções de embalamento/empacotamento, cada tipo de artigo a transportar, atendendo às suas características. Este aspecto diz respeito à selecção das melhores soluções de *packing*.
 - Proporcionem a preservação e integridade de cada tipo de artigo, durante o período em que ocorre o transporte. As condições de acondicionamento têm de ser garantidas pelo(s) meio(s) de transporte a utilizar.
- Seleccionar as melhores soluções de identificação de cada artigo a transportar, para efeitos de rastreabilidade.
- Seleccionar a velocidade de transporte que melhor assegure o cumprimento dos tempos de transporte requeridos para cada recolha e entrega. Tal inclui a definição:
 - Do(s) meio(s) de transporte a utilizar na realização do serviço à medida. Para além de ter(em) que viabilizar a recolha e entrega atempadas, este(s) meio(s) precisa(m) de assegurar as condições de acondicionamento necessárias à preservação e integridade do(s) artigo(s) transportado(s) e a capacidade de aceder aos locais de carga e descarga.
 - Da rota de transporte a utilizar, desde o local da recolha até ao destino onde se fará a entrega.
- Coordenar a afectação/alocação/selecção temporal dos procedimentos, meios, recursos e soluções operacionais, referidos no ponto anterior, em função dos requisitos específicos a satisfazer pelo serviço em diferentes momentos do tempo (a sequência temporal das operações de transporte é determinada através da função de comando e controlo de tipo I, FR₃).

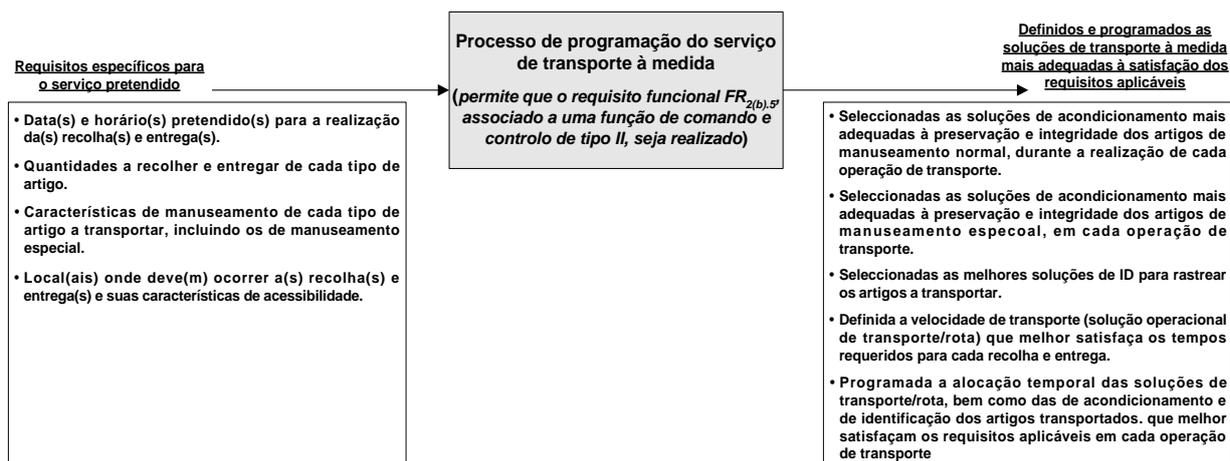


Figura XX.22 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo II, a nível dos serviços de transporte à medida prestados no âmbito do serviço TNT Eventos e Campanhas.

➤ **Nível hierárquico 3:**

Em linha com o método de decomposição MDCV, proposto no capítulo 5 da tese, apenas é necessário decompor os requisitos funcionais que estejam associados a funções dependentes

i. **Decomposição do nó FR_{2(a),1}-DP_{2(a),1}:**

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{2(a),1.1} = Acomodar o(s) artigo(s) transportado(s).
- FR_{2(a),1.2} = Acondicionar adequadamente o(s) artigo(s) durante o transporte.
- FR_{2(a),1.3} = Manusear correctamente as mercadorias nas actividades de transporte.
- FR_{2(a),1.4} = Assegurar a identificação e rastreabilidade de cada artigo transportado.
- FR_{2(a),1.5} = Controlar temporalmente a adopção das melhores soluções de acondicionamento e ID.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XX.38 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_{2(a),1}-DP_{2(a),1}.

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais					
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR _{2(a),1.1}	FR _{2(a),1.2}	FR _{2(a),1.3}	FR _{2(a),1.4}	FR _{2(a),1.5}	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)								
Constrangimentos de interface (Interface constraints)								
C2a.1-1	C2a-2	Adequar as embalagens de transporte e o modo de embalamento aos tipos de artigos a transportar	X				X	Inspeção/Observação
C2a.1-2	C2a-2, C2a-6	O embalamento tem de assegurar espaço para a colocação das etiquetas de identificação e, quando aplicável, da carta de porte	X			X	X	Inspeção/Observação
C2a.1-3	C2a-3	Adequar os meios de transporte ao peso e volume de cada artigo a transportar			X			Inspeção/Observação
C2a.1-4	C2a-7	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho no manuseamento dos artigos transportados	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)								
C2a.1-5	C2a-8	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT relativamente ao acondicionamento, manuseamento e acomodamento dos artigos transportados, incluindo os limites de pesos e dimensões autorizados nos serviços <i>standard</i>	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2a.1-6	C2a-9	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis às actividades de transporte relacionadas com o acondicionamento de mercadorias	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2a.1-7	C2a-10	Assegurar flexibilidade e solução à medida no acomodamento dos artigos de manuseamento normal	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)								
C2a.1-8	C2a-11	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)								

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais (nível 2 para o nível 3):

Foi verificada a consistência dos cinco sub-FRs definidos com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2); para tal, foram usadas as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um desses cinco FRs situados no nível 3 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.39).

Parâmetros de projecto definidos:

- $DP_{2(a).1.1}$ = Embalagens de transporte e respectivas instruções sobre o modo de embalagem.
 - As soluções de embalagem para artigos de manuseamento *normal* são as seguintes: caixas simples, embalagens almofadadas (diferentes tamanhos), suportes para documentos (diferentes tamanhos), embalagens para garrafas (diferentes tamanhos).
- $DP_{2(a).1.2}$ = Condições de acondicionamento a serem proporcionadas pelo(s) meio(s) de transporte a utilizar.
 - As condições de acondicionamento para o transporte de artigos de manuseamento normal são proporcionadas pelos meios de transporte da TNT (aéreos e terrestres) usados na prestação dos serviços *standard*.
- $DP_{2(a).1.3}$ = Procedimentos (melhores práticas) de manuseamento/*handling* de mercadorias.
 - Abrangem as actividades de carregamento, movimentação e descarregamento.
- $DP_{2(a).1.4}$ = Sistema de etiquetagem TNT.
- $DP_{2(a).1.5}$ = Controlo e coordenação das soluções de acondicionamento e de ID para serviços *standard*.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.39 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição do nó $FR_{2(a).1}-DP_{2(a).1}$.

Requisito funcional (FR) ao nível parental						Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR _{2(a).1}	Entregar os artigos pretendidos em boas condições					Soluções de acondicionamento e de ID dos artigos transportados	DP _{2(a).1}	Tipo III		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais				Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação	Efeito						
FR _{2(a).1.1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	FR _{2(a).1} , DP _{2(a).1}	Acomodar o(s) artigo(s) transportado(s)	Embalagens de transporte e respectivas instruções sobre o modo de embalagem As soluções de embalagem para artigos de manuseamento normal são as seguintes: embalagens de caixas simples, embalagens almofadadas (diferentes tamanhos), suportes para documentos (diferentes tamanhos), embalagens para garrafas (diferentes tamanhos)	DP _{2(a).1.1}	Tipo IV	
FR _{2(a).1.2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	FR _{2(a).1} , DP _{2(a).1}	Acondicionar adequadamente o(s) artigo(s) durante o transporte	Condições de acondicionamento a serem proporcionadas pelo(s) meio(s) de transporte a utilizar As condições de acondicionamento para o transporte de artigos de manuseamento normal são proporcionadas pelos meios de transporte da TNT (aéreos e terrestres) usados na prestação dos serviços <i>standard</i>	DP _{2(a).1.2}	Tipo III	
FR _{2(a).1.3}	Uso	Dependente	Processo	Útil	FR _{2(a).1} , DP _{2(a).1}	Manusear correctamente as mercadorias nas actividades de transporte	Procedimentos (melhores práticas) de manuseamento/ <i>handling</i> de mercadorias Esses procedimentos abrangem as actividades de carregamento, movimentação e descarregamento	DP _{2(a).1.3}	Tipo IV	
FR _{2(a).1.4}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{2(a).1}	Assegurar a identificação e rastreabilidade de cada artigo transportado	Sistema de etiquetagem TNT	DP _{2(a).1.4}	Tipo III	
FR _{2(a).1.5}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo III)	Útil	DP _{2(a).5}	Controlar temporalmente a adopção das melhores soluções de acondicionamento e de ID	Controlo e coordenação das soluções de acondicionamento e de ID para serviços <i>standard</i>	DP _{2(a).1.5}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{Bmatrix} FR_{2(a).1.1} \\ FR_{2(a).1.2} \\ FR_{2(a).1.3} \\ FR_{2(a).1.4} \\ FR_{2(a).1.5} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & 0 \\ X & 0 & X & 0 & 0 \\ X & 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{2(a).1.1} \\ DP_{2(a).1.2} \\ DP_{2(a).1.3} \\ DP_{2(a).1.4} \\ DP_{2(a).1.5} \end{Bmatrix} \quad (XX.18)$$

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo III (FR_{2(a).1.5}):

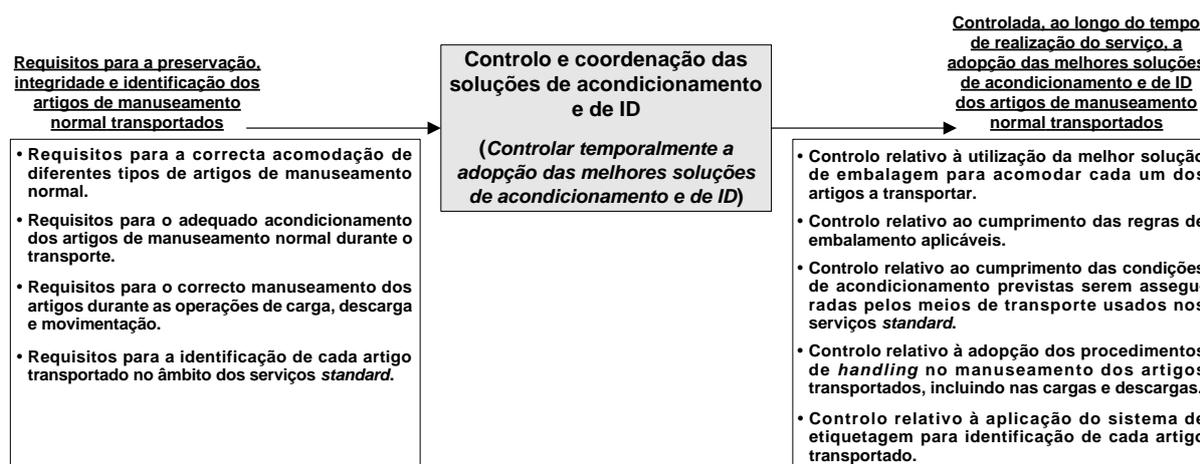


Figura XX.23 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR_{2(a).1.5}).

ii. Decomposição do nó FR_{2(a).2}-DP_{2(a).2}:

O requisito funcional FR_{2(a).2} (“Efectuar as operações de recolha e de entrega nos locais pretendidos”) está associado a uma função dependente, pelo que existe a opção de decompor o nó FR_{2(a).2}-DP_{2(a).2}. Concluiu-se que essa decomposição era desnecessária, dado que o elemento de solução DP_{2(a).2} (“Descritivo sobre os locais de recolha e de entrega”) é directamente implementável.

iii. Decomposição do nó FR_{2(a).3}-DP_{2(a).3}:

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{2(a).3.1} = Efectuar cada recolha prevista no período de tempo requerido.
- FR_{2(a).3.2} = Efectuar cada entrega prevista no período de tempo requerido.
- FR_{2(a).3.3} = Cumprir os requisitos opcionais de entrega accionados pelo cliente na carta de porte.
- FR_{2(a).3.4} = Controlar temporalmente a adopção das melhores soluções de transporte/*network*.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XX.40 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_{2(a).3}-DP_{2(a).3}.

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais				
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR _{2(a).3.1}	FR _{2(a).3.2}	FR _{2(a).3.3}	FR _{2(a).3.4}	Verificação
Especificações críticas de desempenho (<i>Critical performance specifications</i>)							
Constrangimentos de interface (<i>Interface constraints</i>)							
C2a.3-1	C2a-3	Adequar os meios de transporte ao peso e volume de cada artigo a transportar	X	X		X	Inspeção/Observação
C2a.3-2	C2a-5	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo durante as actividades de recolha e de entrega	X	X			Inspeção/Observação
C2a.3-3	C2a-7	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das operações de transporte, recolhas e entregas	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (<i>Global constraints</i>)							
C2a.3-4	C2a-8	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT para os serviços de transporte <i>standard</i> , incluindo os limites de peso e dimensões autorizados para os artigos a transportar e as condições de recolha e de entrega	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2a.3-5	C2a-9	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis às operações de transporte, incluindo os relacionados com as recolhas e entregas	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2a.3-6	C2a-10	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente às recolhas e entregas pretendidas	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (<i>Project constraints</i>)							
C2a.3-7	C2a-11	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços <i>Standard</i> da TNT	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (<i>Feature constraints</i>)							

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais (nível 2 para o nível 3):

Foi verificada a consistência dos quatro sub-FRs definidos com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2); para tal, foram usadas as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um desses quatro FRs situados no nível 3 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.41).

Parâmetros de projecto definidos:

- $DP_{2(a).3.1}$ = Operação expresso de recolha com tempos de trânsito correspondentes à velocidade do transporte definida.
 - O(s) meio(s) de transporte usado(s) na operação e a rota seguida pertencem à *network* comercial da TNT e estão pré-definidos.
- $DP_{2(a).3.2}$ = Operação de entrega expresso com tempos de trânsito correspondentes à velocidade do transporte definida.
 - O(s) meio(s) de transporte usado(s) na operação e a rota seguida pertencem à *network* comercial da TNT e estão pré-definidos.
- $DP_{2(a).3.3}$ = Instruções especiais de entrega.
- $DP_{2(a).3.4}$ = Controlo e coordenação das operações de transporte/*network*.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.41 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição do nó $FR_{2(a).3}$ - $DP_{2(a).3}$.

Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Aplicação	Hierarquia	Transformação	Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
FR _{2(a).3}						Cumprir os tempos requeridos para a realização de cada recolha e entrega	Velocidade do transporte (solução de transporte/ <i>network</i> da TNT) para serviços <i>standard</i>	DP _{2(a).3}	Tipo III	
FR _{2(a).3.1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	FR _{2(a).3} -DP _{2(a).3}	Efectuar cada recolha prevista no período de tempo requerido	Operação expresso de recolha com tempos de trânsito correspondentes à velocidade do transporte definida O(s) meio(s) de transporte usado(s) na operação e a rota seguida pertencem à <i>network</i> comercial da TNT e estão pré-definidos	DP _{2(a).3.1}	Tipo IV	
FR _{2(a).3.2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	FR _{2(a).3} -DP _{2(a).3} -C2a-1	Efectuar cada entrega prevista no período de tempo requerido	Operação de entrega expresso com tempos de trânsito correspondentes à velocidade do transporte definida O(s) meio(s) de transporte usado(s) na operação e a rota seguida pertencem à <i>network</i> comercial da TNT e estão pré-definidos	DP _{2(a).3.2}	Tipo IV	
FR _{2(a).3.3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	C2a-4, r _{c42}	Cumprir os requisitos opcionais de entrega accionados pelo cliente na carta de porte	Instruções especiais de entrega	DP _{2(a).3.3}	Tipo IV	
FR _{2(a).3.4}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo III)	Útil	DP _{2(a).5}	Controlar temporalmente a adopção das melhores soluções de transporte/ <i>network</i>	Controlo e coordenação das operações de transporte/ <i>network</i>	DP _{2(a).3.4}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{Bmatrix} FR_{2(a).3.1} \\ FR_{2(a).3.2} \\ FR_{2(a).3.3} \\ FR_{2(a).3.4} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{2(a).3.1} \\ DP_{2(a).3.2} \\ DP_{2(a).3.3} \\ DP_{2(a).3.4} \end{Bmatrix} \quad (XX.19)$$

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo III (FR_{2(a).3.4}):

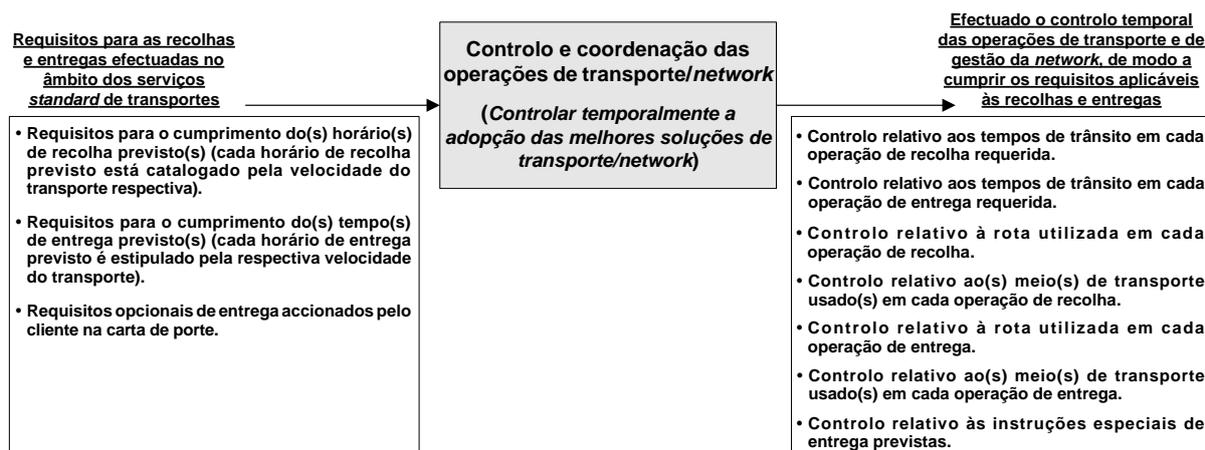


Figura XX.24 – Diagrama *Input/Output* relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR_{2(a).3.4}).

iv. Decomposição do nó FR_{2(b).1}-DP_{2(b).1}:

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{2(b).1.1} = Acomodar correctamente o(s) artigo(s) transportado(s), à medida das suas especificidades de manuseamento.
- FR_{2(b).1.2} = Acondicionar adequadamente o(s) artigo(s) durante o transporte, atendendo às suas especificidades de manuseamento.
- FR_{2(b).1.3} = Manusear correctamente as mercadorias nas actividades de transporte.
- FR_{2(b).1.4} = Assegurar a identificação e rastreabilidade de cada artigo transportado.
- FR_{2(b).1.5} = Controlar temporalmente a adopção das melhores soluções de acondicionamento e ID.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XX.42– Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_{2(b).1}-DP_{2(b).1}.

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais					Verificação
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR _{2(b).1.1}	FR _{2(b).1.2}	FR _{2(b).1.3}	FR _{2(b).1.4}	FR _{2(b).1.5}	
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)								
Constrangimentos de interface (Interface constraints)								
C2b.1-1	C2b-4	Adequar as soluções de embalagem/encaixotamento aos tipos de artigos a transportar	X				X	Inspeção/Observação
C2b.1-2	C2b-4, C2b-7	O embalamento tem de assegurar espaço para a colocação das etiquetas de identificação e, quando aplicável, da carta de porte	X			X	X	Inspeção/Observação
C2b.1-3	C2b-5	Adequar as condições de acondicionamento no transporte aos tipos de artigos a transportar		X				Inspeção/Observação
C2b.1-4	C2b-3, C2b-5	Adequar os equipamentos de manuseamento aos tipos de artigos a transportar			X			Inspeção/Observação
C2b.1-5	C2b-8	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das operações de acomodamento, acondicionamento, manuseamento e identificação dos artigos	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)								
C2b.1-6	C2b-9	Poder efectuar as operações necessárias à implementação das soluções de acondicionamento e de ID em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2b.1-7	C2b-10	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT no referente às operações de acondicionamento, acomodamento, manuseamento e identificação/rastreabilidade dos bens transportados	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2b.1-8	C2b-11	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis às actividades relacionadas com o acondicionamento de mercadorias	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2b.1-9	C2b-12	Assegurar flexibilidade na implementação das soluções de acondicionamento e de ID dos artigos a transportar	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)								
C2b.1-10	C2b-13	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)								

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais (nível 2 para o nível 3):

Foi verificada a consistência dos cinco sub-FRs definidos com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2); para tal, foram usadas as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um desses cinco FRs situados no nível 3 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.43).

Parâmetros de projecto definidos:

- $DP_{2(b).1.1}$ = Soluções de embalagem/encaixotamento que protejam o(s) artigo(s) contido(s) no seu interior durante a realização do transporte.
 - As soluções de embalagem/encaixotamento abrangem artigos de manuseamento normal e especial. Os artigos de manuseamento normal equivalem às soluções de embalagem da TNT para os serviços *standard*. Para artigos de manuseamento especial, é possível enquadrar as possíveis soluções de embalagem/encaixotamento, dependendo das características e propriedades intrínsecas do artigo a preservar, em torno das categorias seguintes: 1) soluções para *security shipment* (e.g. caixas de alta segurança para peças valiosas); 2) soluções para bens de manipulação delicada (e.g. mangas de polietileno para obras de arte, embalagens com bolsas de enchimento e protecção de extremidades para materiais frágeis); 3) soluções para bens perecíveis (e.g. caixas higienizadas em polipropileno para frutas e vegetais); 4) soluções para substâncias perigosas, incluindo respectiva sinalização (e.g. tambores de aço para transporte de explosivos); 5) soluções para artigos de grandes dimensões e/ou volumes pesados (e.g. procedimentos de paletização, regras de utilização de contentores); 6) soluções para artigos tecnológicos ou de elevada especificidade técnica (e.g. embalagens à medida da protecção de máquinas, equipamentos de som, painéis LED, entre outros).
- $DP_{2(b).1.2}$ = Condições de acondicionamento a serem proporcionadas pelo(s) meio(s) de transporte a utilizar.
 - As condições de acondicionamento têm de ser proporcionadas ao longo de todas as fases do transporte. Para artigos de manuseamento normal, as condições de acondicionamento estão pré-definidas e presentes em todos os veículos terrestres e aéreos da TNT. Para artigos de manuseamento especial, as condições de acondicionamento são definidas em função das suas características e propriedades intrínsecas. A definição sobre as condições de acondicionamento envolve a tomada das seguintes decisões: tipo(s) de plataforma(s) de carga a utilizar no(s) meio(s) de transporte; condições ambientais controladas a assegurar na(s) plataforma(s) de carga; procedimentos de distribuição da massa e peso dos artigos transportados; procedimentos e mecanismos para a imobilização dos volumes de carga durante o transporte; procedimentos, meios e recursos presentes em cada plataforma de carga usada para a segurança e protecção física das mercadorias transportadas.
- $DP_{2(b).1.3}$ = Meios, recursos e procedimentos (melhores práticas) de manuseamento/handling de mercadorias.
 - As soluções de manuseamento, que podem incluir equipamentos de apoio à movimentação de cargas e mão-de-obra especializada, são definidas em função das características especiais de manuseamento de cada tipo de artigo. Os meios, recursos e procedimentos a adoptar abrangem as actividades de carregamento, movimentação e descarregamento.
- $DP_{2(b).1.4}$ = Sistema de etiquetagem TNT.
- $DP_{2(b).1.5}$ = Controlo e coordenação das soluções de acondicionamento e de ID para serviços de transporte à medida.

Matriz de projecto:

$$\begin{Bmatrix} FR_{2(b).1.1} \\ FR_{2(b).1.2} \\ FR_{2(b).1.3} \\ FR_{2(b).1.4} \\ FR_{2(b).1.5} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 & 0 \\ X & 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{2(b).1.1} \\ DP_{2(b).1.2} \\ DP_{2(b).1.3} \\ DP_{2(b).1.4} \\ DP_{2(b).1.5} \end{Bmatrix} \quad (XX.20)$$

Tabela FR/DP:

Quadro XX.43 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição do nó $FR_{2(b).1}-DP_{2(b).1}$.

Requisito funcional (FR) ao nível parental						Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR _{2(b).1}	Entregar os artigos pretendidos em boas condições					Soluções de acondicionamento e de ID dos artigos transportados, incluindo artigos de manuseamento especial	DP _{2(b).1}	Tipo III		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais			Efeito	Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							
FR _{2(b).1.1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	FR _{2(b).1} , DP _{2(b).1}	Acomodar correctamente o(s) artigo(s) transportado(s), à medida das suas especificidades de manuseamento	Soluções de embalagem/encaixotamento que protejam o(s) artigo(s) contido(s) no seu interior durante a realização do transporte As soluções de embalagem/encaixotamento abrangem artigos de manuseamento normal e especial. Para artigos de manuseamento normal, equivalem às soluções de embalagem da TNT para os serviços <i>standard</i> . artigos de manuseamento especial, é possível enquadrar as possíveis soluções de embalagem/encaixotamento, dependendo das características e propriedades intrínsecas do artigo a preservar, em torno das categorias seguintes: 1) soluções para <i>security shipment</i> (e.g. caixas de alta segurança para peças valiosas); 2) soluções para bens de manipulação delicada (e.g. mangas de polietileno para obras de arte, embalagens com bolsas de enchimento e protecção de extremidades para materiais frágeis); 3) soluções para bens perecíveis (e.g. caixas higienizadas em polipropileno para frutas e vegetais); 4) soluções para substâncias perigosas, incluindo respectiva sinalização (e.g. tambores de aço para transporte de explosivos); 5) soluções para artigos de grandes dimensões e/ou volumes pesados (e.g. procedimentos de paletização, regras de utilização de contentores); 6) soluções para artigos tecnológicos ou de elevada especificidade técnica (e.g. embalagens à medida da protecção de máquinas, equipamentos de som, painéis LED, entre outros)	DP _{2(b).1.1}	Tipo IV	
FR _{2(b).1.2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	FR _{2(b).1} , DP _{2(b).1}	Acondicionar adequadamente o(s) artigo(s) durante o transporte, atendendo às suas especificidades de manuseamento	Condições de acondicionamento a serem proporcionadas pelo(s) meio(s) de transporte a utilizar As condições de acondicionamento têm de ser proporcionadas ao longo de todas as fases do transporte. Para artigos de manuseamento normal, as condições de acondicionamento estão pré-definidas e presentes em todos os veículos terrestres e aéreos da TNT. Para artigos de manuseamento especial, as condições de acondicionamento são definidas em função das suas características e propriedades intrínsecas. A definição sobre as condições de acondicionamento envolve a tomada das seguintes decisões: tipo(s) de plataforma(s) de carga a utilizar no(s) meio(s) de transporte; condições ambientais controladas a assegurar na(s) plataforma(s) de carga; procedimentos de distribuição da massa e peso dos artigos transportados; procedimentos e mecanismos para a imobilização dos volumes de carga durante o transporte; procedimentos, meios e recursos presentes em cada plataforma de carga usada para a segurança e protecção física das mercadorias transportadas.	DP _{2(b).1.2}	Tipo III	
FR _{2(b).1.3}	Uso	Dependente	Processo	Útil	FR _{2(b).1} , DP _{2(b).1}	Manusear correctamente as mercadorias nas actividades de transporte	Meios, recursos e procedimentos (melhores práticas) de manuseamento/ <i>handling</i> de mercadorias As soluções de manuseamento, que podem incluir equipamentos de apoio à movimentação de cargas e mão-de-obra especializada, são definidas em função das características especiais de manuseamento de cada tipo de artigo. Os meios, recursos e procedimentos a adoptar abrangem as actividades de carregamento, movimentação e descarregamento.	DP _{2(b).1.3}	Tipo IV	
FR _{2(b).1.4}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{2(b).1}	Assegurar a identificação e rastreabilidade de cada artigo	Sistema de etiquetagem TNT	DP _{2(b).1.4}	Tipo III	
FR _{2(b).1.5}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo III)	Útil	DP _{2(b).5}	Controlar temporalmente a adopção das melhores soluções de acondicionamento e de ID	Controlo e coordenação das soluções de acondicionamento e de ID para serviços de transporte à medida	DP _{2(b).1.5}	Tipo II	

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo III (FR_{2(b).1.5}):

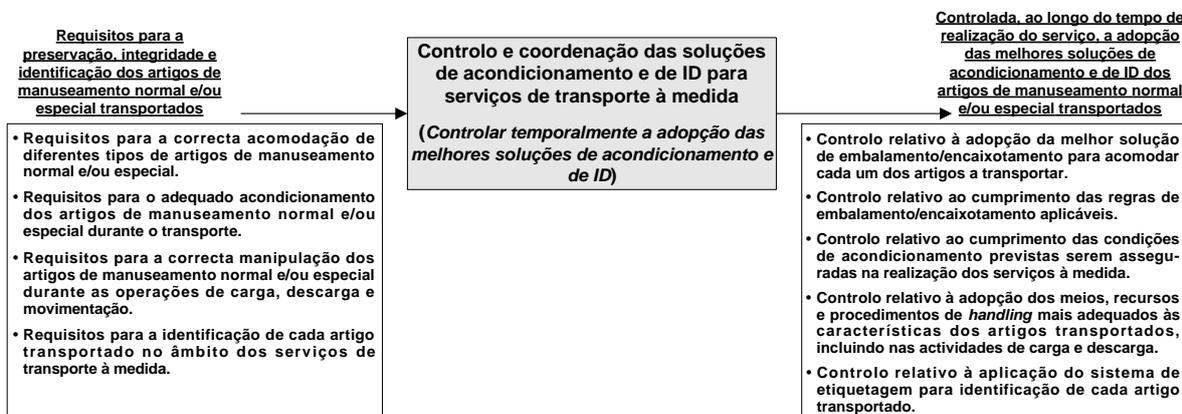


Figura XX.25 – Diagrama Input/Output relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR_{2(b).1.5}).

v. **Decomposição do nó $FR_{2(b),2}$ - $DP_{2(b),2}$:**

O requisito funcional $FR_{2(b),2}$ está associado a uma função dependente, pelo que existe a opção de decompor o nó $FR_{2(b),2}$ - $DP_{2(b),2}$. Concluiu-se não ser necessário proceder a essa decomposição, uma vez que o elemento de solução $DP_{2(b),2}$ é directamente implementável.

vi. **Decomposição do nó $FR_{2(b),3}$ - $DP_{2(b),3}$:**

Requisitos funcionais definidos:

- $FR_{2(b),3.1}$ = Efectuar cada recolha prevista no espaço de tempo requerido.
- $FR_{2(b),3.2}$ = Efectuar cada entrega prevista no espaço de tempo requerido.
- $FR_{2(b),3.3}$ = Cumprir os requisitos opcionais de entrega contratados pelo cliente.
- $FR_{2(b),3.4}$ = Controlar temporalmente a adopção das melhores soluções de transporte/rota.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XX.44 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó $FR_{2(b),3}$ - $DP_{2(b),3}$.

Constrangimentos			Impacto nos requisitos funcionais				
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	$FR_{2(b),3.1}$	$FR_{2(b),3.2}$	$FR_{2(b),3.3}$	$FR_{2(b),3.4}$	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)							
Constrangimentos de interface (Interface constraints)							
C2b.3-1	C2b-3	Adequar os meios de transporte ao tipo de percurso e às características de acessibilidade dos locais onde a recolha/carga e a entrega/descarga têm lugar	X	X		X	Inspeção/Observação
C2b.3-2	C2b-5	Dotar os meios de transporte das condições de acondicionamento que assegurem a preservação/conservação e integridade dos artigos transportados, atendendo às características de manuseamento dos mesmos	X	X		X	Inspeção/Observação
C2b.3-3	C2b-6	Assegurar cortesia, ética e profissionalismo durante as actividades de recolha e de entrega	X	X			Inspeção/Observação
C2b.3-4	C2b-8	Assegurar o cumprimento das boas práticas ambientais e de segurança no trabalho na realização das operações de transporte, recolhas e entregas	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos globais (Global constraints)							
C2b.3-5	C2b-9	Poder efectuar os serviços de transporte à medida em quaisquer dias e horários	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2b.3-6	C2b-10	Cumprir os Termos e Condições de Serviço TNT no referente aos serviços de transporte à medida	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2b.3-7	C2b-11	Cumprir a legislação e regulamentos aplicáveis às operações de transporte, incluindo os relacionados com as recolhas e entregas	X	X	X	X	Inspeção/Observação
C2b.3-8	C2b-12	Assegurar flexibilidade e solução à medida das necessidades de cada cliente, relativamente ao serviço de transporte prestado	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de projecto (Project constraints)							
C2b.3-9	C2b-13	Aproveitar as valências dos Serviços Especiais e dos Serviços Standard da TNT	X	X	X	X	Inspeção/Observação
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)							

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais (nível 2 para o nível 3):

Foi verificada a consistência dos quatro sub-FRs definidos com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2); para tal, foram usadas as regras incorporadas no MDCV proposto na secção 5.4.2.4 da tese. A(s) fonte(s) de cada um desses quatro FRs situados no nível 3 da hierarquia encontram-se indicados na tabela FR/DP correspondente (ver quadro XX.45).

Parâmetros de projecto definidos:

- $DP_{2(b),3.1}$ = Operação especial de recolha com tempos de trânsito correspondentes à velocidade do transporte do transporte.
 - A rota escolhida para proceder a cada operação de recolha é uma de dois tipos: rota especial (resultado da combinação de diferentes percursos da *network* da TNT); rota dedicada (inclui percurso(s) que não pertence(m) à *network* da TNT). O(s) meio(s) de transporte que percorrerá(ão) a rota delineada é(são) seleccionado(s) em função de: características do percurso e do local de realização da recolha; condições de acondicionamento a garantir durante o transporte; capacidade de cumprir o tempo requerido para a recolha.

- DP_{2(b).3.2} = Operação especial de entrega com tempos de trânsito correspondentes à velocidade do transporte definida.
 - A rota escolhida para proceder a cada operação de entrega é uma de dois tipos: rota especial (resultado da combinação de diferentes percursos da network da TNT); rota dedicada (inclui percurso(s) que não pertence(m) à network da TNT). O(s) meio(s) de transporte que percorrerá(ão) a rota delineada é(são) seleccionado(s) em função de: características do percurso e do local de realização da entrega; condições de acondicionamento a garantir durante o transporte; capacidade de cumprir o tempo requerido para a entrega.
- DP_{2(b).3.3} = Instruções especiais de entrega emitidas pelos Serviços Especiais da TNT.
- DP_{2(b).3.4} = Controlo e coordenação das operações de transporte/rota a nível dos serviços especiais.

Tabela FR/DP:

Quadro XX.45 – Tabela FR/DP, referente ao nível 3 da hierarquia, resultante da decomposição do nó FR_{2(b).3}-DP_{2(b).3}.

Requisito funcional (FR) ao nível parental					Elemento de solução / Parâmetro de projecto ao nível parental					
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP			
FR _{2(b).3}	Cumprir os tempos requeridos para a realização de cada recolha e entrega				Velocidade do transporte (solução de transporte/rota) para serviços à medida	DP _{2(b).3}	Tipo III			
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais			Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação	
	Aplicação	Hierarquia	Transformação							Efeito
FR _{2(b).3.1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	FR _{2(b).3} , DP _{2(b).3}	Efectuar cada recolha prevista no espaço de tempo requerido	Operação especial de recolha com tempos de trânsito correspondentes à velocidade do transporte definida A rota escolhida para proceder a cada operação de recolha é uma de dois tipos: rota especial (resultado da combinação de diferentes percursos da network da TNT); rota dedicada (inclui percurso(s) que não pertence(m) à network da TNT). O(s) meio(s) de transporte que percorrerá(ão) a rota delineada é(são) seleccionado(s) em função de: características do percurso e do local de realização da recolha; condições de acondicionamento a garantir durante o transporte; capacidade de cumprir o tempo requerido para a recolha	DP _{2(b).3.1}	Tipo IV	
FR _{2(b).3.2}	Uso	Dependente	Processo	Útil	FR _{2(b).3} , DP _{2(b).3} , C2b-1, C2b-2	Efectuar cada entrega prevista no período de tempo requerido	Operação especial de entrega com tempos de trânsito correspondentes à velocidade do transporte definida A rota escolhida para proceder a cada operação de entrega é uma de dois tipos: rota especial (resultado da combinação de diferentes percursos da network da TNT); rota dedicada (inclui percurso(s) que não pertence(m) à network da TNT). O(s) meio(s) de transporte que percorrerá(ão) a rota delineada é(são) seleccionado(s) em função de: características do percurso e do local de realização da entrega; condições de acondicionamento a garantir durante o transporte; capacidade de cumprir o tempo requerido para a entrega	DP _{2(b).3.2}	Tipo IV	
FR _{2(b).3.3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	r _{c42}	Cumprir os requisitos opcionais de entrega contratados pelo cliente	Instruções especiais de entrega emitidas pelos Serviços Especiais da TNT	DP _{2(b).3.3}	Tipo IV	
FR _{2(b).3.4}	Uso	Suporte	Comando e controlo (tipo III)	Útil	DP _{2(b).5}	Controlar temporalmente a adopção das melhores soluções de transporte/rota	Controlo e coordenação das operações de transporte/rota a nível dos serviços especiais	DP _{2(b).3.4}	Tipo II	

Matriz de projecto:

$$\begin{Bmatrix} FR_{2(b).3.1} \\ FR_{2(b).3.2} \\ FR_{2(b).3.3} \\ FR_{2(b).3.4} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{2(b).3.1} \\ DP_{2(b).3.2} \\ DP_{2(b).3.3} \\ DP_{2(b).3.4} \end{Bmatrix} \tag{XX.21}$$

Papel desempenhado pela função de comando e controlo de tipo III (FR_{2(b).3.4}):

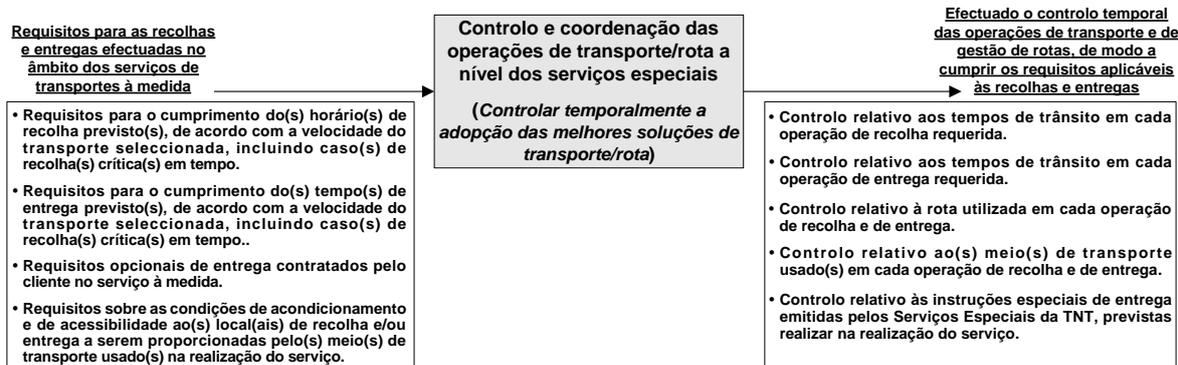


Figura XX.26 – Diagrama Input/Output relativo à função de comando e controlo de tipo III (FR_{2(b).3.4}).

Visualização resumida de decomposição e matriz global de projecto:

A figura XX. 27 resume, para o caso em que a escolha para o elemento de solução DP₁ recaiu sobre DP_{1f} e em que a escolha para o elemento de solução DP₂ recaiu sobre DP_{2b}, os diferentes FRs e DPs situados ao longo dos três níveis hierárquicos que resultaram do processo de decomposição. Este formato de visualização dos FRs e DPs, resultantes do processo de decomposição, foi obtida através do *software* DFSS Acclaro. Para as outras possíveis combinações de escolhas para DP₁ (DP_{1a}, DP_{1b}, DP_{1c}, DP_{1d}, DP_{1e} e DP_{1g}) e DP₂ (DP_{2a}), o resumo de cada uma das respectivas decomposições pôde ser obtido através de uma visualização idêntica.

0	FR FR0 - Fornecer soluções de transporte e de logística complementares ao transporte, especializadas	DP DP0 - Serviço TNT Eventos e Campanhas
1	FR FR1 - Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte requeridos	DP DP1(f) - Serviços especiais complementares ao transporte para eventos/campanhas (Montagem/desmontagem +
1.1	FR FR1(f).1 - Realizar correctamente as operações de processamento de artigos/mercadorias	DP DP1(f).1 - Soluções logísticas de manuseamento e tratamento de artigos/mercadorias
1.1.1	FR FR1(f).1.1 - Realizar a verificação do(s) artigo(s) adquirido(s) e/ou recepcionado(s)	DP DP1(f).1.1 - Procedimentos, meios/recursos para conferência/inspeção do(s) artigo(s)/mercadoria(s)
1.1.2	FR FR1(f).1.2 - Adquirir o(s) artigo(s) pretendido(s), cumprindo todos os requisitos de compra	DP DP1(f).1.2 - Procedimentos, meios/recursos para a realização de cada operação de compra
1.1.3	FR FR1(f).1.3 - Desenvolver embalagem e/ou formação de kits/packs de acordo com o requerido	DP DP1(f).1.3 - Procedimentos, meios/recursos para cada operação de embalagem e/ou formação de kits
1.1.4	FR FR1(f).1.4 - Executar correctamente as operações de etiquetagem e/ou rotulagem do(s) artigo(s)	DP DP1(f).1.4 - Procedimentos, meios/recursos para cada processo de etiquetagem e/ou rotulagem
1.1.5	FR FR1(f).1.5 - Cumprir as operações de condensação e/ou triagem de artigos conforme requerido	DP DP1(f).1.5 - Procedimentos, meios/recursos para cada operação de condensação ou de triagem
1.1.6	FR FR1(f).1.6 - Efectuar correctamente a preparação da expedição do(s) artigo(s) pretendido(s)	DP DP1(f).1.6 - Procedimentos, meios/recursos a empregar na preparação da expedição de artigo(s)
1.1.7	FR FR1(f).1.7 - Controlar temporalmente as operações de processamento de artigos/mercadorias	DP DP1(f).1.7 - Controlo e coordenação das operações de processamento de artigos/mercadorias
1.2	FR FR1(f).2 - Realizar correctamente as operações de montagem e/ou desmontagem	DP DP1(f).2 - Procedimentos, meios/recursos para montagem/desmontagem da(s) estrutura(s) requerida(s)
1.2.1	FR FR1(f).2.1 - Preparar o local de implantação da estrutura e os componentes/peças da estrutura	DP DP1(f).2.1 - Procedimentos, meios/recursos de pré-montagem
1.2.2	FR FR1(f).2.2 - Erguer, instalar e/ou montar a estrutura pretendida de acordo com o projecto/desenho	DP DP1(f).2.2 - Procedimentos, meios/recursos para a execução técnica da montagem
1.2.3	FR FR1(f).2.3 - Verificar/inspeccionar a estrutura montada	DP DP1(f).2.3 - Procedimentos, meios/recursos para a verificação final da estrutura montada
1.2.4	FR FR1(f).2.4 - Deserguer, desinstalar e/ou desmontar a estrutura pretendida	DP DP1(f).2.4 - Procedimentos, meios/recursos para a execução técnica da desmontagem
1.2.5	FR FR1(f).2.5 - Retirar, organizar e arrumar os componentes/peças da estrutura desmontada	DP DP1(f).2.5 - Procedimentos, meios/recursos para remoção, triagem e acondicionamento dos componentes da estrutura
1.2.6	FR FR1(f).2.6 - Repor as condições originais do local	DP DP1(f).2.6 - Procedimentos, meios/recursos para a pós-desmontagem
1.2.7	FR FR1(f).2.7 - Controlar temporalmente as operações de montagem e/ou desmontagem realizadas	DP DP1(f).2.7 - Controlo e coordenação operacional do serviço de montagem e/ou desmontagem
1.3	FR FR1(f).3 - Efectuar montagem e/ou desmontagem da(s) estrutura(s) no(s) local(ais) requerido(s)	DP DP1(f).3 - Descritivo sobre a localização de realização das operações de montagem e/ou desmontagem
1.4	FR FR1(f).4 - Realizar correctamente as operações de distribuição necessárias ao evento/campanha	DP DP1(f).4 - Soluções logísticas de distribuição (pós-transporte) dirigidas para eventos e campanhas
1.4.1	FR FR1(f).4.1 - Preparar o material a distribuir no âmbito do evento ou da campanha	DP DP1(f).4.1 - Procedimentos, meios e recursos a empregar na preparação dos artigos a distribuir
1.4.2	FR FR1(f).4.2 - Cumprir os requisitos procedimentais aplicáveis durante cada acto de distribuição	DP DP1(f).4.2 - Procedimentos, meios e recursos a empregar na realização de cada operação de distribuição
1.4.3	FR FR1(f).4.3 - Distribuir o material requerido pelos destinatários pretendidos	DP DP1(f).4.3 - Dados acerca dos destinatários
1.4.4	FR FR1(f).4.4 - Efectuar o controlo temporal das operações de distribuição requeridas	DP DP1(f).4.4 - Controlo e coordenação das operações de distribuição
1.5	FR FR1(f).5 - Realizar correctamente as operações de mudança/movimentação dos bens pretendidos	DP DP1(f).5 - Soluções logísticas de mudança/movimentação in-house
1.5.1	FR FR1(f).5.1 - Preparar a realização da mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s)	DP DP1(f).5.1 - Soluções de acondicionamento para protecção/ conservação do(s) artigo(s) a movimentar
1.5.2	FR FR1(f).5.2 - Efectuar a mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s)	DP DP1(f).5.2 - Procedimentos, meios/recursos de transporte e movimentação in-house
1.5.3	FR FR1(f).5.3 - Finalizar a mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s)	DP DP1(f).5.3 - Soluções de descarga/refrinda do(s) artigo(s) movimentado(s)
1.5.4	FR FR1(f).5.4 - Efectuar o controlo temporal das operações de movimentação/mudança requeridas	DP DP1(f).5.4 - Controlo e coordenação das operações de mudança/movimentação
1.6	FR FR1(f).6 - Efectuar os serviços logísticos de valor acrescentado no(s) local(ais) requerido(s)	DP DP1(f).6 - Descritivo de localização do(s) lugar(es) de realização das operações logísticas de valor acrescentado
1.7	FR FR1(f).7 - Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço contratado	DP DP1(f).7 - Sistema TNT CS para os serviços de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado
1.8	FR FR1(f).8 - Programar a realização do serviço pretendido	DP FR1(f).8 - Processos de programação do serviço de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado
2	FR FR2 - Transportar correctamente qualquer mercadoria, no tempo requerido, da origem até ao destino	DP DP2(b) - Serviços de transporte para eventos/campanhas (soluções de transporte à medida)
2.1	FR FR2(b).1 - Entregar os artigos pretendidos em boas condições	DP DP2(b).1 - Soluções de acondicionamento e de ID dos artigos transportados, incluindo artigos de manuseamento
2.1.1	FR FR2(b).1.1 - Acomodar correctamente o(s) artigo(s) transportado(s)	DP DP2(b).1.1 - Soluções de embalagem/encaixotamento que protejam o(s) artigos contido(s) no seu interior
2.1.2	FR FR2(b).1.2 - Acondicionar adequadamente o(s) artigo(s) durante o transporte	DP DP2(b).1.2 - Condições de acondicionamento a serem proporcionadas pelo(s) meio(s) de transporte a utilizar
2.1.3	FR FR2(b).1.3 - Manusear correctamente as mercadorias nas actividades de transporte	DP DP2(b).1.3 - Meios, recursos e procedimentos (melhores práticas) de manuseamento/handling de mercadorias
2.1.4	FR FR2(b).1.4 - Assegurar a identificação e rastreabilidade de cada artigo transportado	DP DP2(b).1.4 - Sistema de etiquetagem TNT
2.1.5	FR FR2(b).1.5 - Controlar temporalmente a adopção das melhores soluções de acondicionamento e ID	DP DP2(b).1.5 - Controlo e coordenação das soluções de acondicionamento e de ID à medida
2.2	FR FR2(b).2 - Efectuar as operações de recolha e de entrega nos locais pretendidos	DP DP2(b).2 - Descritivo sobre os locais de recolha e de entrega e condições do transporte para aceder a esses locais
2.3	FR FR2(b).3 - Cumprir os tempos requeridos para a realização de cada recolha e entrega	DP DP2(b).3 - Velocidade do transporte (solução de transporte/rota) para serviços à medida
2.3.1	FR FR2(b).3.1 - Efectuar cada recolha prevista no espaço de tempo requerido	DP DP2(b).3.1 - Operação especial de recolha com tempos de trânsito correspondentes à velocidade do transporte definida
2.3.2	FR FR2(b).3.2 - Efectuar cada entrega prevista no espaço de tempo requerido	DP DP2(b).3.2 - Operação especial de entrega com tempos de trânsito correspondentes à velocidade do transporte definida
2.3.3	FR FR2(b).3.3 - Cumprir os requisitos opcionais de entrega contratados pelo cliente	DP DP2(b).3.3 - Instruções especiais de entrega emitidas pelos Serviços Especiais da TNT
2.3.4	FR FR2(b).3.4 - Controlar temporalmente a adopção das melhores soluções de transporte/rota	DP DP2(b).3.4 - Controlo e coordenação das operações de transporte/rota a nível dos serviços especiais
2.4	FR FR2(b).4 - Prestar o apoio ao cliente relativamente ao serviço de transporte à medida contratado	DP FR2(b).4 - Sistema TNT CS (Customer Service) para o serviço de transporte (inclui os meios de track & trace nesta área)
2.5	FR FR2(b).5 - Programar a realização do serviço de transporte à medida	DP DP2(b).5 - Processo de programação do serviço de transporte à medida
3	FR FR3 - Definir, programar e coordenar as operações do serviço atendendo aos requisitos	DP DP3 - Processo de definição do serviço
4	FR FR4 - Integrar o serviço e prestar apoio/suporte ao cliente que requisitou o serviço	DP DP4 - Estrutura do serviço TNT Eventos e Campanhas, incluindo sistema de Customer Service

Figura XX.27 – Resumo da decomposição referente ao serviço TNT Eventos e Campanhas, quando estão envolvidas operações de transporte à medida (DP_{2b}) e operações complementares associadas a montagem/desmontagem e de valor acrescentado (DP_{1f}).

A consistência da decomposição foi sendo verificada à medida que a mesma foi decorrendo, tal como se descreveu ao longo deste apêndice. Para aferir sobre a coerência das decisões conceptuais, foi também construída a matriz global de projecto em cada nível da decomposição. A figura XX.28 ilustra a matriz global de projecto obtida no final da decomposição (com os FRs e DPs situados no nível-folha), para o caso em que a escolha para o elemento de solução DP₁ recaiu sobre DP_{1f} e em que a escolha para o elemento de solução DP₂ recaiu sobre DP_{2b}. Para as outras possíveis combinações de escolhas para DP₁ e DP₂, as respectivas matrizes globais de projecto foram também obtidas. Em todas as matrizes globais, confirmou-se a correcção das decisões conceptuais e das relações entre

XX.12. Realização do serviço-teste relativo ao TNT Eventos e Campanhas

Descrição do serviço-teste e requisitos especificados pelo cliente:

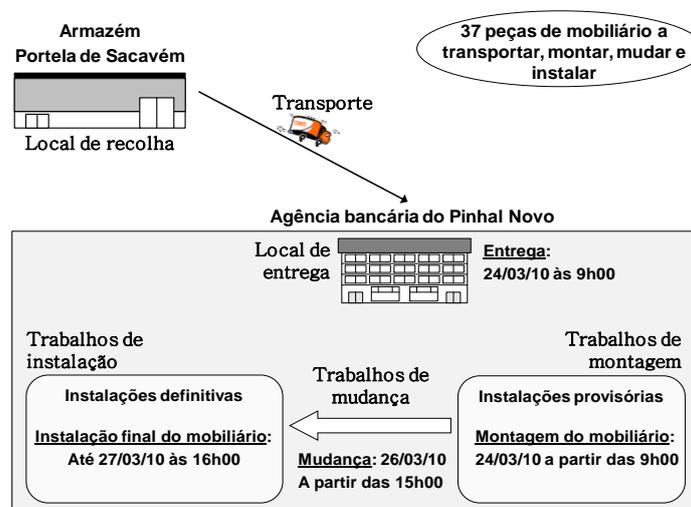


Figura XX.29 – Descrição do serviço-teste referente ao TNT Eventos e Campanhas.

- Recolher os equipamentos de mobiliário requeridos (total de 37 peças) no armazém em Sacavém, localizado na morada indicada, no dia 24/03/2010.
- Entregar, às 9h00 desse mesmo dia, o equipamento imobiliário na agência bancária do Pinhal Novo.
- Após a entrega, efectuar a preparação e montagem dos equipamentos de mobiliário, nas instalações provisórias da agência bancária.
- Realizar a mudança do equipamento já montado para as instalações definitivas da agência bancária. A mudança deve ocorrer a partir das 15h00 do dia 26/03/2010.
- Efectuar, após a mudança estar efectuada, a instalação do equipamento já montado. A instalação deve estar concluída até às 16h00 do dia 27/03/2010.

O serviço-teste consistiu em duas fases:

- 1) *Fase de planeamento* – As decisões relativas ao planeamento do serviço a executar seguiram a ordem indicada pelas matrizes de projecto obtidas na sequência da aplicação do processo de decomposição. Esta fase possibilitou aferir sobre a correcção das relações que foram estabelecidas entre os FRs e os DPs durante a decomposição, assim como verificar a existência de eventuais iterações nas decisões tomadas durante o planeamento.
- 2) *Fase de execução* – Acompanhamento da execução do serviço, de acordo com o planeado. Esta fase permitiu verificar a eficácia e realismo do processo de planeamento do serviço proposto, bem como efectuar uma primeira estimativa dos níveis de desempenho operacionais através de um *Design Scorecard*.

Planeamento do serviço:

Face aos requisitos especificados, o serviço teste foi definido/enquadrado nas vertentes de transporte e de logística complementar. Isso significa que FR₂ (“Transportar correctamente qualquer tipo de mercadoria, no tempo requerido, desde a origem até ao destino pretendidos”) e FR₁ (“Realizar adequadamente os serviços complementares ao transporte requeridos”) são aplicáveis.

Definição do serviço:

- a) Serviços de transporte.
- b) Serviços complementares ao transporte.
- c) Serviços integrados (transporte + complementares).

O processo de definição do serviço da TNT indicou que as actividades operacionais a desenvolver se enquadravam em: serviços de transporte à medida (DP_{2b}) e serviços complementares de montagem/desmontagem e de logística de valor acrescentado (DP_{1f}).

Enquadramento dos serviços de transporte a realizar:

- a) Serviços *standard*.
- b) Serviços à medida.

Enquadramento dos serviços complementares ao transporte a realizar:

- a) Serviços de montagem e/ou desmontagem.
- b) Serviços logísticos de valor acrescentado.
- c) Serviços de armazenagem.
- d) Serviços mistos. Quais? Serviços de montagem + Serviços de valor acrescentado

Assim, para este caso, a matriz de projecto indicada na equação XX.1 resume-se à expressão:

$$\begin{Bmatrix} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 \\ X & X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{1f} \\ DP_{2b} \\ DP_3 \\ DP_4 \end{Bmatrix} \quad (XX.22)$$

Seguindo a ordem indicada pela matriz de projecto, foram primeiro tomadas as decisões de planeamento relativas aos serviços complementares e depois aos de transporte.

Serviços complementares ao transporte:

Foi feito o enquadramento dos requisitos aplicáveis aos serviços de montagem e de valor acrescentado, tendo por base a decomposição do nó FR₁-DP_{1f} apresentada no apêndice XX.11. Este enquadramento equivale à especificação das definições operacionais associadas aos sub-FRs que derivam da decomposição do referido nó. Para facilitar o enquadramento dos requisitos aplicáveis aos serviços complementares, desenvolveu-se o *template* indicado nas figuras XX.30 e XX.31, com o preenchimento da informação pertinente. Para os outros possíveis nós, inerentes ao par FR₁-DP₁, desenvolveram-se também *templates* que, no seu conjunto, poderão auxiliar e sistematizar o enquadramento dos requisitos aplicáveis a qualquer tipo de serviço complementar ao transporte.

Uma vez efectuado o enquadramento dos serviços complementares, procedeu-se à tomada das decisões sobre quais os elementos de solução (procedimentos, meios, recursos) a mobilizar para a sua realização. Estas decisões de planeamento equivalem à programação dos serviços complementares, na qual são definidos/seleccionados os sub-DPs, resultantes da decomposição do nó FR₁-DP_{1f}, que permitirão cumprir os correspondentes sub-FRs. As decisões de planeamento, para este serviço-teste foram registadas no *template* indicado nas figuras XX.32 e XX.33, que foi desenvolvido para facilitar e sistematizar as práticas de planeamento. O *template* está organizado de modo a que as decisões de planeamento sigam a ordem indicada na matriz de projecto XX.7.

Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem/desmontagem		Pág. 1 de 2
<u>Operações de processamento de artigos/mercadorias?</u>		Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>
Caso "Sim", que tipo de operação(ões)?	Requisito(s) / especificação(ões) para cada tipo de operação	
• Etiquetagem ou rotulagem	<input type="checkbox"/>
• Embalamento	<input type="checkbox"/>
• Formação de <i>kits</i> ou <i>packs</i>	<input type="checkbox"/>
• Desembalamento	<input type="checkbox"/>
• Condensação de artigos	<input type="checkbox"/>
• Triagem de artigos	<input type="checkbox"/>
• Verificação/inspeção de bens	<input type="checkbox"/>
• Compra/aquisição de artigos	<input type="checkbox"/>
• Preparação de expedição de mercadorias	<input type="checkbox"/>
• Outra(s):	<input type="checkbox"/>
<u>Operações de montagem ou instalação de estrutura(s)?</u>		Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Caso "Sim", que tipo de estrutura(s)?	Requisitos técnicos de montagem para cada estrutura	
• <i>Stand</i> ou expositor	<input type="checkbox"/>
• Tenda	<input type="checkbox"/>
• Toldo ou cobertura	<input type="checkbox"/>
• Palco	<input type="checkbox"/>
• Instalação de som e/ou imagem	<input type="checkbox"/>
• Cenário para evento/campanha	<input type="checkbox"/>
• Mobiliário	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Formação de 24 conjuntos de mobiliário, a partir de um total de 37 peças, em conformidade com os desenhos fornecidos pelo cliente. Instalação de cada um dos 24 conjuntos nos locais exactos das instalações definitivas da agência, conforme indicado na planta fornecida pelo cliente.</i>
• Cartaz ou painel publicitário	<input type="checkbox"/>
• Outra(s):	<input type="checkbox"/>
<u>Operações de desmontagem ou desinstalação de estrutura(s)?</u>		Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>
Caso "Sim", que tipo de estrutura(s)?	Requisitos técnicos de montagem para cada estrutura	
• <i>Stand</i> ou expositor	<input type="checkbox"/>
• Tenda	<input type="checkbox"/>
• Toldo ou cobertura	<input type="checkbox"/>
• Palco	<input type="checkbox"/>
• Instalação de som e/ou imagem	<input type="checkbox"/>
• Cenário para evento/campanha	<input type="checkbox"/>
• Mobiliário	<input type="checkbox"/>
• Cartaz ou painel publicitário	<input type="checkbox"/>
• Outra(s):	<input type="checkbox"/>
<u>Operações de distribuição pós-transporte?</u>		Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>
Caso "Sim", que tipo de operação(ões)?	Requisito(s) / especificação(ões) para cada tipo de operação	
• Distribuição de <i>merchandising</i>	<input type="checkbox"/>
• Acção coordenada de <i>marketing</i>	<input type="checkbox"/>
• Acção de <i>sampling</i>	<input type="checkbox"/>
• Distribuição <i>in-house</i>	<input type="checkbox"/>
• Outra(s):	<input type="checkbox"/>
<u>Operações de mudança/movimentação <i>in house</i>?</u>		Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
Caso "Sim", que tipo de operação(ões)?	Requisito(s) / especificação(ões) para cada tipo de operação	
• Movimentação/mudança manual	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Mudança dos 24 conjuntos de mobiliário, já montados, das instalações provisórias para as instalações definitivas da agência bancária.</i>
• Movimentação/mudança transportada	<input type="checkbox"/>
• Outra(s):	<input type="checkbox"/>

Figura XX.30 – Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem, bem como dos respectivos requisitos – Parte 1 – Serviço-teste.

Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem/desmontagem			Pág. 2 de 2
<u>Actividades de processamento de artigos/mercadorias</u>			
<u>Operação</u>	<u>Local(ais) de realização</u>	<u>Período/prazo temporal</u>	<u>Artigo(s) envolvido(s)</u>
Necessidade de manusear artigo(s) com características especiais? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
Se "Sim", que característica(s) de manuseamento?			
<ul style="list-style-type: none"> • Manipulação delicada <input type="checkbox"/> • Grande dimensão e/ou peso <input type="checkbox"/> • Elevada especificidade técnica <input type="checkbox"/> • Elevado valor monetário <input type="checkbox"/> • Outro <input type="checkbox"/> 	<u>Especificar qual(ais) a(s) característica(s) e em que artigo(s):</u>		
<u>Actividades de montagem/instalação e/ou desmontagem/desinstalação de estrutura(s)</u>			
<u>Operação</u>	<u>Local(ais) de realização</u>	<u>Período/prazo temporal</u>	<u>Estrutura(s) envolvida(s)</u>
<i>Preparação da montagem</i>	<i>Instalações provisórias da agência</i>	<i>24/03/2010 das 9h às 13h</i>	<i>37 peças de mobiliário bancário e materiais acessórios de montagem</i>
<i>Realização da montagem</i>	<i>Instalações provisórias da agência</i>	<i>24/03/2010 das 14h às 18h</i>	<i>24 conjuntos de mobiliário resultantes da montagem das 37 peças e da incorporação dos acessórios</i>
<i>Verificação da montagem</i>	<i>Instalações provisórias da agência</i>	<i>24/03/2010 das 17h às 18h</i>	<i>24 conjuntos de mobiliário montados</i>
<i>Preparação da instalação</i>	<i>Instalações definitivas da agência</i>	<i>26/03/2010 das 15h às 16h</i>	<i>24 conjuntos de mobiliário montados</i>
<i>Instalação do mobiliário na agência bancária</i>	<i>Instalações definitivas da agência</i>	<i>Até às 16h do dia 27/03/2010</i>	<i>24 conjuntos de mobiliário montados e preparados para instalação</i>
<i>Verificação final</i>	<i>Instalações definitivas da agência</i>	<i>Até às 16h do dia 27/03/2010</i>	<i>24 conjuntos mobiliário instalados na agência</i>
Local(ais) de realização com características especiais (p. ex. condições do terreno, condições de vento, etc.)? Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>			
Se "Sim", especificar características de cada local: _____			
Peça(s) da(s) estrutura(s) com características especiais (p. ex. peso, dimensão, material frágil etc.)? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
Se "Sim", especificar características: <i>Manipulação delicada (frágil) – 2 painéis em vidro para montagem em biombo.</i>			
<u>Actividades de distribuição pós-transporte</u>			
<u>Operação</u>	<u>Local(ais) de realização</u>	<u>Período/prazo temporal</u>	<u>Artigo(s) envolvido(s)</u>
Necessidade de manusear artigo(s) com características especiais? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
Se "Sim", que característica(s) de manuseamento?			
<ul style="list-style-type: none"> • Manipulação delicada <input type="checkbox"/> • Elevada especificidade técnica <input type="checkbox"/> • Elevado valor monetário <input type="checkbox"/> • Outro <input type="checkbox"/> 	<u>Especificar qual(ais) a(s) característica(s) e em que artigo(s):</u>		
Local(ais) de realização com características especiais que condicionem a distribuição? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
Se "Sim", especificar características de cada local: _____			
<u>Actividades de mudança/movimentação in house?</u>			
<u>Operação</u>	<u>Local(ais) de realização</u>	<u>Período/prazo temporal</u>	<u>Artigo(s) envolvido(s)</u>
<i>Preparação da mudança</i>	<i>Instalações provisórias da agência</i>	<i>26/03/2010 das 14h às 15h</i>	<i>24 conjuntos de mobiliário montados</i>
<i>Realização da mudança</i>	<i>Das instalações provisórias para as definitivas</i>	<i>Até às 16h do dia 26/03/2010</i>	<i>24 conjuntos de mobiliário montados</i>
<i>Finalização da mudança</i>	<i>Instalações definitivas da agência</i>	<i>Até às 16h do dia 26/03/2010</i>	<i>24 conjuntos de mobiliário montados</i>
Necessidade de manusear artigo(s) com características especiais? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
Se "Sim", que característica(s) de manuseamento?			
<ul style="list-style-type: none"> • Manipulação delicada <input checked="" type="checkbox"/> • Grande dimensão e/ou peso <input type="checkbox"/> • Elevada especificidade técnica <input type="checkbox"/> • Elevado valor monetário <input type="checkbox"/> • Outro <input type="checkbox"/> 	<u>Especificar qual(ais) a(s) característica(s) e em que artigo(s):</u>		
	<i>2 biombo, cada um deles com painel de vidro montado.</i>		

Figura XX.31 – Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem, bem como dos respectivos requisitos – Parte 2 – Serviço-teste.

Decisões para a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem/desmontagem				Pág. 1 de 2	
Operações de processamento de artigos/mercadorias – Procedimentos a adoptar e meios/recursos a utilizar					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
Operações de montagem e/ou desmontagem de estruturas – Procedimentos a adoptar e meios/recursos a utilizar					
- Preparação da montagem da(s) estrutura(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
<i>Preparação das peças de mobiliário e acessórios de montagem</i>	<i>Procedimentos TNT sobre boas práticas de manuseamento de: 1) bens de manipulação normal 2) bens de manipulação delicada (painéis de vidro)</i>	<i>Coordenador operacional</i> <i>Operador de montagem</i>	1 2	<i>Carrinhos de transporte de carga</i>	
<i>Preparação das instalações provisórias da agência para a recepção das peças e acessórios de mobiliário</i>	<i>Procedimentos TNT sobre acondicionamento de: 1) bens de manipulação normal 2) bens de manipulação delicada</i>	<i>Coordenador operacional</i> <i>Operador de montagem</i>	1 2		
<i>Preparação das instalações definitivas da agência para a recepção do mobiliário montado</i>	<i>Procedimentos TNT sobre acondicionamento de: 1) bens de manipulação normal 2) bens de manipulação delicada</i>	<i>Coordenador operacional</i> <i>Operador de montagem</i>	1 2		
- Execução técnica da montagem da(s) estrutura(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
<i>Montagem de biombo</i>	<i>Procedimento de montagem de biombo fornecido pelo cliente</i>	<i>Coordenador operacional</i> <i>Operador de montagem</i>	1 2	<i>Acessórios de montagem</i>	
<i>Montagem de pódio</i>	<i>Procedimento de montagem de pódio fornecido pelo cliente</i>	<i>Coordenador operacional</i> <i>Operador de montagem</i>	1 2	<i>Acessórios de montagem</i>	
<i>Montagem de secretárias</i>	<i>Procedimento de montagem de secretárias fornecido pelo cliente</i>	<i>Coordenador operacional</i> <i>Operador de montagem</i>	1 2	<i>Acessórios de montagem</i>	
<i>Instalação do mobiliário nas instalações definitivas da agência</i>	<i>Projecto de execução fornecido pelo cliente à TNT</i>	<i>Coordenador operacional</i> <i>Operador de montagem</i>	1 2	<i>Acessórios de instalação</i>	
- Verificação final da(s) estrutura(s) montada(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
<i>Verificação final dos conjuntos de mobiliário montados</i>	<i>Inspecção visual dos conjuntos montados</i>	<i>Coordenador operacional</i> <i>Operador de montagem</i>	1 2		
<i>Verificação final de toda a instalação</i>	<i>Procedimento de conferência em obra, requerido pelo cliente</i>	<i>Coordenador operacional</i> <i>Operador de montagem</i>	1 2		
- Execução técnica da desmontagem da(s) estrutura(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
- Remoção, organização e acondicionamento das peças da(s) estrutura(s) desmontada(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
- Limpeza e reposição das condições iniciais do(s) local(ais) onde a(s) estrutura(s) esteve(estiveram) montada(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		

Figura XX.32 – Decisões de planeamento tendo em vista a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem requeridos – Parte 1 – Serviço-teste.

Decisões para a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem/desmontagem		Pág. 2 de 2	
Montagem e/ou desmontagem de estruturas – Conteúdo do(s) descritivo(s) de localização			
Estrutura	Operação	Descritivo de localização deve conter:	
<i>Peças de mobiliário</i>	<i>Montagem do mobiliário</i>	Planta <input type="checkbox"/>	Mapa <input type="checkbox"/> Endereço <input checked="" type="checkbox"/> Outro(s) _____
<i>Conjuntos de mobiliário</i>	<i>Instalação do mobiliário</i>	Planta <input checked="" type="checkbox"/>	Mapa <input type="checkbox"/> Endereço <input checked="" type="checkbox"/> Outro(s) _____
		Planta <input type="checkbox"/>	Mapa <input type="checkbox"/> Endereço <input type="checkbox"/> Outro(s) _____
Indicar informações adicionais sobre o(s) local(ais) de realização da montagem e/ou desmontagem, se necessário:			
.....			
Operações de distribuição pós-transporte – Procedimentos a adoptar e meios/recursos a utilizar			
- Preparação do material a distribuir:			
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação	
		Recursos humanos	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º
- Execução dos actos de distribuição:			
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação	
		Recursos humanos	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º
- Dados a registar sobre os destinatários (preencher para distribuição personalizada):			
Acto/serviço de distribuição	Artigo(s) a entregar	Dados sobre os destinatários a comunicar à(s) equipa(s) de distribuição	
Operações de movimentação/mudança de artigos – Procedimentos a adoptar e meios/recursos a utilizar			
- Preparação da mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s):			
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação	
		Recursos humanos	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º
<i>Protecção do mobiliário a movimentar</i>	<i>Procedimentos de acomodação e acondicionamento de bens de manuseamento normal e de manipulação delicada</i>	<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>
		<i>Operador de movimentação</i>	<i>2</i>
			<i>Material de protecção, carrinhos de movimentação, material para protecção de painéis de vidro</i>
- Realização da mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s):			
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação	
		Recursos humanos	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º
<i>Mudança dos biombos</i>	<i>Procedimentos de manuseamento de artigos de manipulação delicada</i>	<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>
		<i>Operador de movimentação</i>	<i>2</i>
			<i>Carrinhos de movimentação, material para protecção de painéis de vidro</i>
<i>Mudança dos restantes conjuntos de mobiliário</i>	<i>Procedimentos de manuseamento de artigos de manipulação normal</i>	<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>
		<i>Operador de movimentação</i>	<i>2</i>
			<i>Material de protecção, carrinhos de movimentação</i>
- Finalização da mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s):			
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação	
		Recursos humanos	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º
<i>Colocação do mobiliário movimentado nas instalações definitivas</i>	<i>Procedimentos de manuseamento de bens de manuseamento normal e de manipulação delicada (para os biombos)</i>	<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>
		<i>Operador de montagem</i>	<i>2</i>
Logística de valor acrescentado – Conteúdo do(s) descritivo(s) de localização			
Operação	Descritivo de localização deve conter:		
<i>Mudança do mobiliário</i>	Planta <input checked="" type="checkbox"/>	Mapa <input type="checkbox"/>	Endereço <input checked="" type="checkbox"/> Foto(s) <input type="checkbox"/> Outro(s) _____
	Planta <input type="checkbox"/>	Mapa <input type="checkbox"/>	Endereço <input type="checkbox"/> Foto(s) <input type="checkbox"/> Outro(s) _____
	Planta <input type="checkbox"/>	Mapa <input type="checkbox"/>	Endereço <input type="checkbox"/> Foto(s) <input type="checkbox"/> Outro(s) _____

Figura XX.33 – Decisões de planeamento tendo em vista a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem requeridos – Parte 2 – Serviço-teste.

A função de controlo e coordenação operacional dos serviços complementares, a nível das actividades de montagem, mudança e instalação do mobiliário, foi atribuída ao coordenador operacional (no terreno) da equipa da TNT. Este coordenador era o líder operacional da equipa de trabalho, constituída por três elementos, destacada para este serviço.

Serviços de transporte:

O serviço-teste envolveu uma única operação de transporte, a qual foi realizada através de uma solução de transporte à medida. O planeamento do serviço de transporte à medida também envolveu duas actividades: 1) Enquadramento dos requisitos aplicáveis ao serviço de transporte à medida (i.e. especificação dos sub FRs resultantes da decomposição do nó FR₂-DP_{2b}); 2) programação do serviço de transporte, envolvendo a tomada de decisões sobre as soluções de transporte a adoptar de modo a satisfazer os requisitos aplicáveis (i.e. definição exacta dos sub-DPs, resultantes da decomposição do nó FR₂-DP_{2b}, que permitirão satisfazer os correspondentes sub-FRs).

O enquadramento dos requisitos específicos inerentes à operação visando o transporte das peças de mobiliário até à agência bancária situada no Pinhal Novo (operação de entrega), com origem no armazém situado na Portela de Sacavém (operação de recolha), foi efectuado e registado no *template* indicado na figura XX.34. Este *template* foi também desenvolvido com o objectivo de simplificar e sistematizar o planeamento dos serviços de transporte à medida, a partir do trabalho efectuado no projecto de DFSS.

Após efectuado o enquadramento dos requisitos aplicáveis, procedeu-se à programação do serviço de transporte. As decisões relativas às condições de acondicionamento a proporcionar, ao(s) meio(s) de transporte a utilizar e à rota a percorrer, foram tomadas de acordo com a ordem indicada na matriz de projecto XX.17. O *template* da figura XX.35, criado de maneira a facilitar e sistematizar a programação dos serviços de transporte à medida, foi usado para registar as decisões tomadas para o serviço-teste.

Face às decisões tomadas no relativo aos serviços complementares, decidiu-se que a equipa de transporte seria composta por três elementos, um deles com função de coordenação operacional (este elemento desempenha, no terreno, a função de comando e controlo de tipo III, prevista no processo de decomposição, no respeitante ao serviço de transporte).

Execução do serviço:

O acompanhamento da realização do serviço-teste permitiu recolher os dados conducentes à estimativa do desempenho operacional, utilizando a métrica do Nível Sigma. Os resultados obtidos, que permitiram estimar o desempenho operacional, encontram-se indicados no *Design Scorecard*, exibido no quadro 7.7 da tese. A determinação das características críticas para a qualidade (CTQCs) e das suas correspondentes definições operacionais, foi efectuada através da árvore de CTQCs representada na figura 7.14 da tese, a qual é coerente com a estrutura funcional e física do serviço, obtida através da aplicação do processo de decomposição. Detalha-se de seguida o modo como foi calculado o Nível Sigma indicado no quadro 7.7:

1.º) Determinação do número de *DPMO*:

$$DPMO = \frac{\# \text{ total de defeitos}}{\# \text{ unidades processadas} \times \# \text{ oportunidades para defeito}} \times 10^6 = \frac{1}{1 \times 126} \times 10^6 \cong 7.937$$

2.º) Determinação do Nível Sigma (*Z*):

$$Z = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \times \ln(DPMO)} \cong 3,9$$

Enquadramento dos serviços de transporte					Pág.1 de 1	
Locais e tempos de recolha e de entrega requeridos						
Operação de transporte		Recolha		Entrega		
N.º	Descrição	Quando?	Onde?	Quando?	Onde?	
1	Transporte de peças de mobiliário	24/03/2010 até às 7h45	Armazém na Portela de Sacavém sito na morada indicada	24/03/2010 entre as 8h45 e as 9h15	Agência bancária do Pinhal Novo	
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						

Características de manuseamento dos artigos transportados							
Alguma operação de transporte envolvendo artigo(s) de manuseamento especial?				Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>
Se "Sim", que característica(s) de manuseamento?							
• Substâncias perigosas	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Substância(s)	Operação de transporte n.º			
• Manipulação delicada	<input checked="" type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s) 2 painéis de vidro para biombo	Operação de transporte n.º 1			
• Grande dimensão e/ou peso	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s)	Operação de transporte n.º			
• Elevada especificidade técnica	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s)	Operação de transporte n.º			
• Perecíveis	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s)	Operação de transporte n.º			
• Elevado valor monetário	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s)	Operação de transporte n.º			
• Outro	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s)	Operação de transporte n.º			

Condições de acessibilidade							
Alguma operação de transporte envolvendo condições especiais de acessibilidade?				Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input checked="" type="checkbox"/>
Se "Sim", que tipo(s) de condição(ões) de acessibilidade?							
• Caminho/acesso estreito	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação de transporte n.º	No local de recolha?	No local de entrega?		
• Piso arenoso	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação de transporte n.º	No local de recolha?	No local de entrega?		
• Restrições de altura	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação de transporte n.º	No local de recolha?	No local de entrega?		
• Outro	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação de transporte n.º	No local de recolha?	No local de entrega?		

Figura XX.34 – Enquadramento dos serviços de transporte e respectivos requisitos – Serviço-teste.

Decisões para a realização dos serviços de transporte		Pág.1 de 1
<u>Acondicionamento dos artigos transportados</u>		
- <u>Acomodamento e identificação dos bens transportados:</u>		
Operação transporte n.º	Artigo	Soluções de embalagem/encaixotamento
1	37 peças de mobiliário	Embalamento a cargo do cliente
- <u>Condições de acondicionamento a garantir no transporte:</u>		
Operação transporte n.º	Artigo	Condições de acondicionamento no transporte
1	Painéis de vidro	Caixa interna para fixação dos painéis; inclinação da caixa entre 3º a 5º
1	Restantes peças de mobiliário	Normas de distribuição de volumes na plataforma de carga
- <u>Procedimentos de manuseamento dos bens transportados:</u>		
Operação transporte n.º	Artigo	Procedimentos de manuseamento aplicáveis
1	Painéis de vidro	
1	Restantes peças de mobiliário	
<u>Condições de transporte para acesso a locais especiais de recolha e de entrega</u>		
Alguna operação de transporte envolvendo local(ais) com acessibilidade especial? Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>		
Operação transporte n.º	Condições de transporte para acesso ao local de recolha	Condições de transporte para acesso ao local de recolha
<u>Soluções de velocidade do transporte</u>		
<u>Velocidade(s) de transporte aplicável(eis) à(s) operação(ões) de transporte:</u>		
• <i>Sameday</i>	<input checked="" type="checkbox"/> Especificar:	Operação transporte n.º | Detalhe de cada operação
		1 | Recolha (até às 7h45) e entrega (entre 8h45 e 9h15) no mesmo dia (24/03/2010)
• <i>Time Critical</i>	<input type="checkbox"/> Especificar:	Operação transporte n.º | Detalhe de cada operação
• <i>Time Certain</i>	<input type="checkbox"/> Especificar:	Operação transporte n.º | Detalhe de cada operação
• <i>Next Day Special</i>	<input type="checkbox"/> Especificar:	Operação transporte n.º | Detalhe de cada operação
• Outro _____	<input type="checkbox"/> Especificar:	Operação transporte n.º | Detalhe de cada operação
- <u>Rota de transporte em cada operação:</u>		
• Rota normal	<input type="checkbox"/> Especificar:	Operação transporte n.º | Detalhe da rota para cada operação
• Rota especial	<input type="checkbox"/> Especificar:	Operação transporte n.º | Detalhe da rota para cada operação
• Rota dedicada	<input checked="" type="checkbox"/> Especificar:	Operação transporte n.º | Detalhe da rota para cada operação
		1 | Percurso mais curto entre o armazém na Portela de Sacavém e a agência bancária no Pinhal Novo
- <u>Meio(s) de transporte a alocar em cada operação:</u>		
Operação transporte n.º	Meio(s) a afectar à operação	De - Para
1	Carrinha furgão com plataforma preparada para o adequado transporte de artigos de mauseamento normal e de painéis de vidro. 3 estafetas, um deles com funções de coordenação operacional. Mesma equipa dos serviços complementares a realizar.	Portela de Sacavém – Pinhal Novo

Figura XX.35 – Decisões de planeamento com vista à realização dos serviços de transporte requeridos – Serviço-teste.

XX.13. Realização do serviço-piloto relativo ao TNT Eventos e Campanhas

Descrição do serviço-piloto e requisistos especificados pelo cliente:

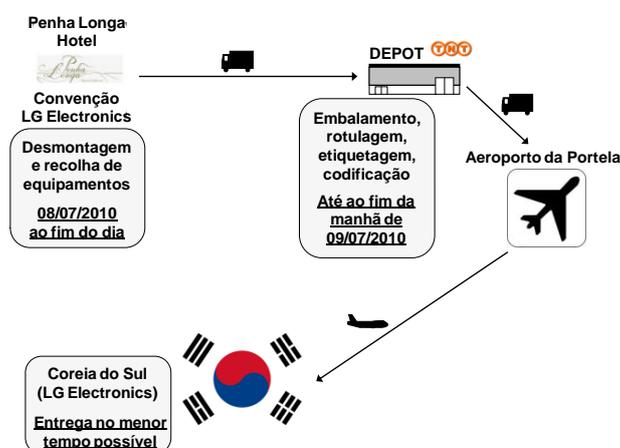


Figura XX.36 – Descrição do serviço-piloto referente ao TNT Eventos e Campanhas.

- Proceder à desmontagem e recolha, no final da convenção/seminário da *LG Electronics* realizada no Penha Longa Hotel, de todo o material envolvido nesse evento (*posters* de vários tamanhos, tela de projecção, diversos modelos de equipamentos de projecção de imagem, computadores portáteis, pastas e documentos vários).
- Antes de ser enviado para a Coreia do Sul, no menor período de tempo possível, tratar de todo o embalamento, acondicionamento, etiquetagem, codificação e preparação da expedição do material por via aérea.
- Entrega, no menor tempo possível, do referido material no aeroporto de Seul, na Coreia do Sul.

A realização do serviço-piloto incidu exclusivamente sobre as actividades de planeamento, de modo a poder validar as decisões conceptuais tomadas durante o processo de decomposição. Os *templates* anteriormente apresentados, foram novamente utilizados, agora para ajudar a planear o serviço-piloto, o qual envolveu serviços de desmontagem e de valor acrescentado ($DP_1 = DP_{1f}$) e serviços de transporte à medida ($DP_2 = DP_{2b}$). O planeamento envolveu as seguintes actividades:

- Enquadramento dos requisitos aplicáveis aos serviços complementares (i.e. especificações inerentes aos sub-FRs resultantes da decomposição do nó FR_1-DP_{1f}) pretendidos pelo cliente. Este enquadramento foi feito e registado no *template* exibido nas figuras XX.37 e XX.38.
- Tomada de decisões acerca dos meios, recursos e procedimentos a seleccionar/afectar à realização dos serviços complementares, de modo a satisfazer os requisitos aplicáveis (i.e. definição e programação dos sub-DPs, resultantes da decomposição do nó FR_1-DP_{1f} , que satisfarão os correspondentes sub-FRs). Ver figuras XX.39 e XX.40.
- Enquadramento dos requisitos aplicáveis aos serviços de transporte à medida (i.e. especificações inerentes aos sub-FRs resultantes da decomposição do nó FR_2-DP_{2b}) pretendidos pelo cliente. O resultado desta actividade consta do *template* exibido na figura XX.41.
- Tomada de decisões acerca dos meios, recursos e procedimentos a seleccionar/afectar à realização dos serviços de transporte, de modo a satisfazer os requisitos aplicáveis (i.e. definição e programação dos sub-DPs, resultantes da decomposição do nó FR_2-DP_{2b} , que satisfarão os correspondentes sub-FRs). Ver figura XX.42.

Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem/desmontagem		Pág. 1 de 2
Operações de processamento de artigos/mercadorias?		Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
<u>Caso "Sim", que tipo de operação(ões)?</u>	<u>Requisito(s) / especificação(ões) para cada tipo de operação</u>	
• Etiquetagem ou rotulagem	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Identificação, na respectiva embalagem, de cada equipamento, da tela de projecção, dos posters, e dos documentos aí contidos.</i>
• Embalamento	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Embalamento dos equipamentos, materiais e conjuntos documentais recolhidos, cumprindo os requisitos de acomodação aplicáveis</i>
• Formação de kits ou packs	<input type="checkbox"/>
• Desembalamento	<input type="checkbox"/>
• Condensação de artigos	<input type="checkbox"/>
• Triagem de artigos	<input type="checkbox"/>
• Verificação/inspeção de bens	<input type="checkbox"/>
• Compra/aquisição de artigos	<input type="checkbox"/>
• Preparação de expedição de mercadorias	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Encaixotamento e/ou paletização dos artigos já embalados, cumprindo todas as regras de segurança e protecção aplicáveis. A preparação da expedição inclui todo o tratamento administrativo associado ao envio.</i>
• Outra(s):	<input type="checkbox"/>
Operações de montagem ou instalação de estrutura(s)?		Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>
<u>Caso "Sim", que tipo de estrutura(s)?</u>	<u>Requisitos técnicos de montagem para cada estrutura</u>	
• Stand ou expositor	<input type="checkbox"/>
• Tenda	<input type="checkbox"/>
• Toldo ou cobertura	<input type="checkbox"/>
• Palco	<input type="checkbox"/>
• Instalação de som e/ou imagem	<input type="checkbox"/>
• Cenário para evento/campanha	<input type="checkbox"/>
• Mobiliário	<input type="checkbox"/>
• Cartaz ou painel publicitário	<input type="checkbox"/>
• Outra(s):	<input type="checkbox"/>
Operações de desmontagem ou desinstalação de estrutura(s)?		Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>
<u>Caso "Sim", que tipo de estrutura(s)?</u>	<u>Requisitos técnicos de montagem para cada estrutura</u>	
• Stand ou expositor	<input type="checkbox"/>
• Tenda	<input type="checkbox"/>
• Toldo ou cobertura	<input type="checkbox"/>
• Palco	<input type="checkbox"/>
• Instalação de som e/ou imagem	<input type="checkbox"/>
• Cenário para evento/campanha	<input type="checkbox"/>
• Mobiliário	<input type="checkbox"/>
• Cartaz ou painel publicitário	<input type="checkbox"/>
• Outra(s): <i>Equipamentos tecnológicos e materiais instalados em sala de hotel</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<i>Desinstalação e desmontagem de equipamentos tecnológicos (PC portáteis, projectores de imagem), tela de projecção, posters de várias dimensões, pastas e documentos.</i>
Operações de distribuição pós-transporte?		Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>
<u>Caso "Sim", que tipo de operação(ões)?</u>	<u>Requisito(s) / especificação(ões) para cada tipo de operação</u>	
• Distribuição de <i>merchandising</i>	<input type="checkbox"/>
• Acção coordenada de <i>marketing</i>	<input type="checkbox"/>
• Acção de <i>sampling</i>	<input type="checkbox"/>
• Distribuição <i>in-house</i>	<input type="checkbox"/>
• Outra(s):	<input type="checkbox"/>
Operações de mudança/movimentação <i>in house</i> ?		Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>
<u>Caso "Sim", que tipo de operação(ões)?</u>	<u>Requisito(s) / especificação(ões) para cada tipo de operação</u>	
• Movimentação/mudança manual	<input type="checkbox"/>
• Movimentação/mudança transportada	<input type="checkbox"/>
• Outra(s):	<input type="checkbox"/>

Figura XX.37 – Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem, bem como dos respectivos requisitos – Parte 1 – Serviço-piloto.

Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem/desmontagem			Pág. 2 de 2
Actividades de processamento de artigos/mercadorias			
Operação	Local(ais) de realização	Período/prazo temporal	Artigo(s) envolvido(s)
<i>Embalamento dos equipamentos, materiais e documentais recolhidos na convenção</i>	DEPOT TNT de Lisboa	09/07/2010 até fim da manhã	Todos os artigos pertencente à LG
<i>Rotulagem e etiquetagem, para efeitos de identificação, de cada artigo embalado</i>	DEPOT TNT de Lisboa	09/07/2010 até fim da manhã	Todos os artigos pertencente à LG
<i>Preparação da expedição para Seul</i>	DEPOT TNT de Lisboa	09/07/2010 até fim da manhã	09/07/2010 até fim da manhã
Necessidade de manusear artigo(s) com características especiais? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
Se "Sim", que característica(s) de manuseamento?			
<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Manipulação delicada <input checked="" type="checkbox"/> Grande dimensão e/ou peso <input type="checkbox"/> Elevada especificidade técnica <input type="checkbox"/> Elevado valor monetário <input type="checkbox"/> Outro 	Especificar qual(ais) a(s) característica(s) e em que artigo(s):		
	<i>Posters e tela de projecção requerem manipulação delicada.</i>		
	<i>Tela de projecção possui elevada dimensão, requer manipulação especial</i>		
Actividades de montagem/instalação e/ou desmontagem/desinstalação de estrutura(s)			
Operação	Local(ais) de realização	Período/prazo temporal	Estrutura(s) envolvida(s)
<i>Desmontar os equipamentos e materiais</i>	Sala de conferência do hotel	Logo após final da convenção	Todos os artigos pertencentes à LG Electronics que se encontrem na sala de conferências.
<i>Arrumar os equipamentos e materiais desmontados</i>	Sala de conferência do hotel	Logo após final da convenção	Todos os artigos pertencentes à LG Electronics que se encontrem na sala de conferências.
<i>Arrumar a sala de conferência e repor as suas condições iniciais</i>	Sala de conferência do hotel	Logo após final da convenção	
Local(ais) de realização com características especiais (p. ex. condições do terreno, condições de vento, etc.)? Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>			
Se "Sim", especificar características de cada local: _____			
Peça(s) da(s) estrutura(s) com características especiais (p. ex. peso, dimensão, material frágil etc.)? Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
Se "Sim", especificar características: <i>Grandes dimensões – Tela de projecção.</i>			
Actividades de distribuição pós-transporte			
Operação	Local(ais) de realização	Período/prazo temporal	Artigo(s) envolvido(s)
Necessidade de manusear artigo(s) com características especiais? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
Se "Sim", que característica(s) de manuseamento?			
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Manipulação delicada <input type="checkbox"/> Elevada especificidade técnica <input type="checkbox"/> Elevado valor monetário <input type="checkbox"/> Outro 	Especificar qual(ais) a(s) característica(s) e em que artigo(s):		

Local(ais) de realização com características especiais que condicionem a distribuição? Sim <input type="checkbox"/> Não <input type="checkbox"/>			
Se "Sim", especificar características de cada local: _____			
Actividades de mudança/movimentação in house?			
Operação	Local(ais) de realização	Período/prazo temporal	Artigo(s) envolvido(s)
Necessidade de manusear artigo(s) com características especiais? Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>			
Se "Sim", que característica(s) de manuseamento?			
<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> Manipulação delicada <input type="checkbox"/> Grande dimensão e/ou peso <input type="checkbox"/> Elevada especificidade técnica <input type="checkbox"/> Elevado valor monetário <input type="checkbox"/> Outro 	Especificar qual(ais) a(s) característica(s) e em que artigo(s):		

Figura XX.38 – Enquadramento dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem, bem como dos respectivos requisitos – Parte 2 – Serviço.piloto.

Decisões para a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem/desmontagem				Pág. 1 de 2	
Operações de processamento de artigos/mercadorias – Procedimentos a adoptar e meios/recursos a utilizar					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
<i>Embalamento dos equipamentos, materiais e documentais recolhidos na convenção</i>	<i>Embalamento dos equipamentos nas caixas próprias com o material de enchimento Embalamento da tela de projecção e dos posters em embalagens tubulares com protecção das suas extremidades. Embalamento dos documentos e pastas nas respectivas caixas</i>	<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>	<i>Embalagens respectivas dos artigos, material de enchimento e de protecção, fitas adesivas</i>	
		<i>Operador</i>	<i>1</i>		
<i>Rotulagem e etiquetagem, para efeitos de identificação, de cada artigo embalado</i>	<i>Etiquetagem de acordo com o sistema TNT. Colocação de rótulo identificativo dos artigos contidos em cada volume/embalagem</i>	<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>	<i>Papel identificativo, supor-tes plásticos e fita adesiva</i>	
		<i>Operador</i>	<i>1</i>		
<i>Preparação da expedição para Seul</i>	<i>Encaixotamento dos volumes e paletização das caixas. Tratamento de todos os assuntos administrativos e alfandegários do envio</i>	<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>	<i>Caixas de madeira e paletes certificadas, cintas de protecção, documentos legais</i>	
		<i>Operador</i>	<i>1</i>		
Operações de montagem e/ou desmontagem de estruturas – Procedimentos a adoptar e meios/recursos a utilizar					
- Preparação da montagem da(s) estrutura(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
- Execução técnica da montagem da(s) estrutura(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
- Verificação final da(s) estrutura(s) montada(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
- Execução técnica da desmontagem da(s) estrutura(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
<i>Desmontar equipamentos e materiais da LG Electronics na sala de conferências do Penha Longa Hotel</i>	<i>Procedimentos TNT sobre boas práticas de manuseamento de: 1) bens de manipulação normal; 2) bens de manipulação delicada; 3) bens de grande dimensão</i>	<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>		
		<i>Operador de montagem</i>	<i>2</i>		
- Remoção, organização e acondicionamento das peças da(s) estrutura(s) desmontada(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
<i>Arrumar os equipamentos desmontados (portáteis, projectores, etc.)</i>	<i>Procedimentos TNT sobre boas práticas de manuseamento e de acomodação e acondicionamento de artigos</i>	<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>	<i>Embalagens dos equipamentos e material de enchimento</i>	
		<i>Operador</i>	<i>2</i>		
<i>Arrumar tela de projecção e posters</i>	<i>Procedimentos TNT sobre boas práticas de manuseamento e de acomodação de artigos de grandes dimensões</i>	<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>	<i>Embalagens tubulares com protecção das suas extremidades</i>	
		<i>Operador</i>	<i>2</i>		
<i>Arrumar pastas e documentos</i>	<i>Procedimentos TNT sobre boas práticas de manuseamento e de acomodação e acondicionamento de artigos</i>	<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>	<i>Embalagens próprias da LG para os documentos</i>	
		<i>Operador</i>	<i>2</i>		
- Limpeza e reposição das condições iniciais do(s) local(ais) onde a(s) estrutura(s) esteve(estiveram) montada(s):					
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação			
		Recursos humanos		Equipamentos e materiais	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º		
<i>Arrumar a sala de conferência e repor as suas condições iniciais</i>		<i>Coordenador operacional</i>	<i>1</i>		
		<i>Operador</i>	<i>1</i>		

Figura XX.39 – Decisões de planeamento tendo em vista a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem requeridos – Parte 1 – Serviço-piloto.

Decisões para a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem/desmontagem		Pág. 2 de 2	
<u>Montagem e/ou desmontagem de estruturas – Conteúdo do(s) descritivo(s) de localização</u>			
Estrutura	Operação	Descritivo de localização deve conter:	
<i>Equipamentos e materiais instalados em sala de conferências de hotel</i>	<i>Desmontagem dos equipamentos e materiais após final da convenção</i>	Planta <input type="checkbox"/> Mapa <input type="checkbox"/> Endereço <input checked="" type="checkbox"/> Outro(s) _____	
		Planta <input type="checkbox"/> Mapa <input type="checkbox"/> Endereço <input type="checkbox"/> Outro(s) _____	
		Planta <input type="checkbox"/> Mapa <input type="checkbox"/> Endereço <input type="checkbox"/> Outro(s) _____	
<u>Indicar informações adicionais sobre o(s) local(ais) de realização da montagem e/ou desmontagem, se necessário:</u>			
<u>Operações de distribuição pós-transporte – Procedimentos a adoptar e meios/recursos a utilizar</u>			
- <u>Preparação do material a distribuir:</u>			
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação	
		Recursos humanos	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º
- <u>Execução dos actos de distribuição:</u>			
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação	
		Recursos humanos	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º
- <u>Dados a registar sobre os destinatários (preencher para distribuição personalizada):</u>			
Acto/serviço de distribuição	Artigo(s) a entregar	Dados sobre os destinatários a comunicar à(s) equipa(s) de distribuição	
<u>Operações de movimentação/mudança de artigos – Procedimentos a adoptar e meios/recursos a utilizar</u>			
- <u>Preparação da mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s):</u>			
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação	
		Recursos humanos	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º
- <u>Realização da mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s):</u>			
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação	
		Recursos humanos	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º
- <u>Finalização da mudança/movimentação do(s) artigo(s) pretendido(s):</u>			
Operação a realizar	Procedimento(s) a adoptar em cada operação	Meios e recursos a utilizar em cada operação	
		Recursos humanos	
		Função(ões) envolvida(s)	N.º
<u>Logística de valor acrescentado – Conteúdo do(s) descritivo(s) de localização</u>			
Operação	Descritivo de localização deve conter:		
<i>Embalamento, rotulagem e etiquetagem</i>	Planta <input type="checkbox"/>	Mapa <input type="checkbox"/>	Endereço <input type="checkbox"/> Foto(s) <input type="checkbox"/> Outro(s) <i>Não aplicável (DEPOT)</i>
<i>Preparação da expedição</i>	Planta <input type="checkbox"/>	Mapa <input type="checkbox"/>	Endereço <input type="checkbox"/> Foto(s) <input type="checkbox"/> Outro(s) <i>Não aplicável (DEPOT)</i>
	Planta <input type="checkbox"/>	Mapa <input type="checkbox"/>	Endereço <input type="checkbox"/> Foto(s) <input type="checkbox"/> Outro(s) _____

Figura XX.40 – Decisões de planeamento tendo em vista a realização dos serviços logísticos de valor acrescentado e de montagem e/ou desmontagem requeridos – Parte 2 – Serviço-piloto.

Enquadramento dos serviços de transporte					Pág.1 de 1
Locais e tempos de recolha e de entrega requeridos					
Operação de transporte		Recolha		Entrega	
N.º	Descrição	Quando?	Onde?	Quando?	Onde?
1	Transporte de artigos LG Electronics	08/07/2010, fim do dia	Penha Longa Hotel	08/07/2010, fim do dia	DEPOT Lisboa TNT
2	Transporte de artigos LG Electronics	09/07/2010, o mais cedo possível a partir da tarde	DEPOT Lisboa TNT	09/07/2010, o mais cedo possível a partir da tarde	Aeroporto Portela
3	Transporte de artigos LG Electronics	A partir de 09/07/2010 da tarde, envio o mais cedo possível	Aeroporto Portela	O mais cedo possível	Aeroporto de Seul
4					
5					

Características de manuseamento dos artigos transportados								
Alguma operação de transporte envolvendo artigo(s) de manuseamento especial?					Sim	<input checked="" type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>
Se "Sim", que característica(s) de manuseamento?								
• Substâncias perigosas	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Substância(s)	Operação de transporte n.º				
• Manipulação delicada	<input checked="" type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s)	Operação de transporte n.º				
			Tela de projecção e posters	1				
• Grande dimensão e/ou peso	<input checked="" type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s)	Operação de transporte n.º				
			Tela de projecção	1				
• Elevada especificidade técnica	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s)	Operação de transporte n.º				
• Percíveis	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s)	Operação de transporte n.º				
• Elevado valor monetário	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s)	Operação de transporte n.º				
• Outro	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Artigo(s)	Operação de transporte n.º				

Condições de acessibilidade								
Alguma operação de transporte envolvendo condições especiais de acessibilidade?					Sim	<input type="checkbox"/>	Não	<input checked="" type="checkbox"/>
Se "Sim", que tipo(s) de condição(ões) de acessibilidade?								
• Caminho/acesso estreito	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação de transporte n.º	No local de recolha?	No local de entrega?			
• Piso arenoso	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação de transporte n.º	No local de recolha?	No local de entrega?			
• Restrições de altura	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação de transporte n.º	No local de recolha?	No local de entrega?			
• Outro	<input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação de transporte n.º	No local de recolha?	No local de entrega?			

Figura XX.41 – Enquadramento dos serviços de transporte e respectivos requisitos – Serviço-piloto.

Decisões para a realização dos serviços de transporte		Pág.1 de 1
<u>Acondicionamento dos artigos transportados</u>		
- <u>Acomodamento e identificação dos bens transportados:</u>		
Operação transporte n.º	Artigo	Soluções de embalagem/encaixotamento
1, 2, 3	Equipamentos da LG Electronis	Embalagem pertencente a cada equipamento, com material de enchimento
1, 2, 3	Tela de projecção	Embalagem tubular em plástico, com protecção das extremidades
1, 2, 3	Posters	Embalagens tubular em cartão, com protecção das extremidades
1, 2, 3	Pastas e documentos	Embalamento em caixas protegidas por material de enchimento
- <u>Condições de acondicionamento a garantir no transporte:</u>		
Operação transporte n.º	Artigo	Condições de acondicionamento no transporte
1, 2, 3	Artigos da LG já embalados e preparados para expedição	Plataforma de carga preparada para receber mercadorias paletizadas e volumes de grande comprimento
- <u>Procedimentos de manuseamento dos bens transportados:</u>		
Operação transporte n.º	Artigo	Procedimentos de manuseamento aplicáveis
1, 2, 3	Artigos da LG já embalados e preparados para expedição	Regras de manuseamento e boas práticas em relação à manipulação de carga e de volumes com grandes dimensões
<u>Condições de transporte para acesso a locais especiais de recolha e de entrega</u>		
Alguna operação de transporte envolvendo local(ais) com acessibilidade especial? Sim <input type="checkbox"/> Não <input checked="" type="checkbox"/>		
Operação transporte n.º	Condições de transporte para acesso ao local de recolha	Condições de transporte para acesso ao local de entrega
<u>Soluções de velocidade do transporte</u>		
<u>Velocidade(s) de transporte aplicável(éis) à(s) operação(ões) de transporte:</u>		
• <i>Sameday</i> <input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação transporte n.º Detalhe de cada operação
		1 Recolha (hotel) e entrega (DEPOT) ao final do dia 08/07/2010
		2 Expedição (DEPOT) e entrega (aeroporto) na tarde do dia 09/07/2010
• <i>Time Critical</i> <input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação transporte n.º Detalhe de cada operação
		3 Envio, a partir do aeroporto de Lisboa, para entrega o mais cedo possível no aeroporto de Seul
• <i>Time Certain</i> <input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação transporte n.º Detalhe de cada operação
• <i>Next Day Special</i> <input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação transporte n.º Detalhe de cada operação
• Outro _____ <input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação transporte n.º Detalhe de cada operação
- <u>Rota de transporte em cada operação:</u>		
• Rota normal <input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação transporte n.º Detalhe da rota para cada operação
• Rota especial <input type="checkbox"/>	Especificar:	Operação transporte n.º Detalhe da rota para cada operação
		3 Trajecto aéreo, com aviões que transportem carga, que minimize o tempo de entrega dos artigos da LG no aeroporto de Seul
• Rota dedicada <input checked="" type="checkbox"/>	Especificar:	Operação transporte n.º Detalhe da rota para cada operação
		1 Percurso mais curto entre o Penha Longa Hotel e o DEPOT Lisboa
		2 Percurso mais curto entre o DEPOT Lisboa e o aeroporto Lisboa
- <u>Meio(s) de transporte a alocar em cada operação:</u>		
Operação transporte n.º	Meio(s) a afectar à operação	De - Para
1	Carrinha furgão com plataforma de carga preparada para o adequado transporte de artigos de mauseamento normal e de grandes dimensões. 3 estafetas, um deles com funções de coordenação operacional. Mesma equipa para os serviços complementares a realizar.	Penha Longa Hotel – DEPOT TNT
2	Camioneta com plataforma decarga preparada para o acondicionamento de cargas em caixotes e paletes e com volume para materiais compridos. 2 estafetas, uma deles com função de coordenação	DEPOT TNT – Aeroporto Portela
3	Aviões, incluindo comerciais, preparados para o transporte de carga	Aeroporto Portela – Aeroporto Seul

Figura XX.42 – Decisões de planeamento com vista à realização dos serviços de transporte requeridos – Serviço-piloto.

Apêndice XXI

Anexos referentes ao caso de aplicação na Sapa BS Portugal

Apêndice XXI. Anexos referentes ao caso de aplicação na Sapa BS Portugal

XXI.1. Soluções de produto fornecidas pela Sapa BS Portugal

A Sapa BS Portugal disponibiliza, aos projectistas, instaladores e utilizadores finais, uma ampla gama de produtos para:

- *Janelas.* Sistemas de batente, com elevado desempenho térmico e acústico, disponíveis em inúmeras tipologias (envidraçados fixos, batente normais, oscilo-batentes, projectantes, basculantes, pivotantes ou oscilo-deslizantes) e de correr, aplicável a pequenas, médias e grandes dimensões. Relativamente aos sistemas de batente, destacam-se duas das soluções com ruptura de ponte térmica: BXi (primeiro sistema de alumínio para arquitectura certificado e homologado pelo LNEC em Portugal) e BZi (produto de elevado desempenho vocacionado para o mercado da construção de qualidade e renovação). Quanto aos sistemas de correr, de salientar o sistema Slimslide (desenvolvido em parceria com o arquitecto Souto de Moura, é um sistema vocacionado para projectos de arquitectura que contemplem vãos de grande amplitude, permitindo uma vista reduzida de alumínio) e CS Euro (recomendado para aplicações em situações de elevada exigência construtiva, em que as janelas de correr requerem folhas de grandes dimensões).
- *Portas.* Vários dos sistemas de caixilharia podem ser utilizados para portas, mas neste tipo de produtos destaca-se a solução B90, especialmente indicado para portas de entrada e montras de grandes dimensões.
- *Portadas.* Os sistemas de portadas PZ inserem-se nas soluções de sombreamento, dividindo-se em quatro grandes grupos de soluções: lâminas fixas, lâminas orientáveis, portadas em harmónio e portadas de correr suspensas.
- *Balaustradas.* O sistema de balaustradas BI assenta num conjunto de componentes modulares, de fácil montagem, para utilização em varandas de edifícios residenciais e comerciais, de arquitectura moderna ou tradicional
- *Fachadas.* Os sistemas de fachada são vocacionados para revestimento de edifícios onde se pretende transparência e luminosidade natural, destacando-se as gamas de produto Elegance 52 e Elegance 72.
- *Soluções de ventilação e revestimento.* Sistema de lâminas fixas, em alumínio extrudido, para ventilação e revestimento de edifícios, controlando o fluxo de ar e água no interior dos espaços.
- *Lâminas de protecção solar.* Sistemas de lâminas fixas de alumínio extrudido, disponível em várias formas e dimensões, são aplicadas de modo a controlar a luminosidade e temperatura pretendidas no interior dos espaços.
- *Soluções solares (térmico e fotovoltaico).* Engloba as soluções para produção sustentável de energia, através da integração de células fotovoltaicas em edifícios, incluindo as fachadas, e/ou da instalação de sistemas de painéis solar térmico.

XXI.3. Conversão de “vozes” em necessidades e expectativas

Quadro XXI.1 – Parte da tabela VOC relativa à conversão das “vozes” dos clientes em necessidades e expectativas – Projecto da Sapa BS Portugal.

Informação em bruto						Informação tratada	
Fonte	Voz	Solução	Métrica	Valor-alvo	Necessidade	Ponto-Chave	Requisito
Entrevista interna	Pretendemos uma redução de sistemas, de grupos de perfis e de perfilados				X	Racionalização da família de produtos	Permitir a redução do número de referências existentes na gama de produtos do sistema de batente Maximizar capacidade de uniformização dos elementos estruturais comuns às várias variantes do sistema
Entrevista interna	Os novos sistemas têm que ter melhorias do ponto de vista dos custos e também ao nível do benefício				X	Valor do produto	Minimizar os custos associados ao novo sistema Aumentar o benefício nos critérios fundamentais de desempenho
Entrevista transformador / instalador	Uma questão que é crítica para o mercado que é a questão das infiltrações de águas				X	Estanquidade à água	Assegurar a impermeabilidade em relação à água vinda do exterior
Entrevista arquitecto	Começamos já a olhar para um caixilho de maneira diferente, ou seja, valorizamos determinada geometria, um determinado desenho dos perfis				X	Perfis com diferentes geometrias	Possibilitar a utilização de diferentes formas de perfis do caixilho
Entrevista interna	Não deixar que o mercado, por falta de informação, decida por ele mesmo uma situação que por nós deverá ser definida				X	Informação técnica disponibilizada	Fornecer boa informação técnica sobre o sistema a quem necessita, de forma rápida e acessível
Entrevista transformador / instalador	O que o mercado valoriza são questões como a permeabilidade ao ar		X			Permeabilidade ao ar	Assegurar uma adequada entrada de ar controlada na habitação através da caixilharia
Entrevista transformador / instalador	A questão da resistência às acções do vento também é fundamental				X	Resistência às acções do vento	Possuir uma boa resistência às acções do vento
Entrevista utilizador	O sistema tem que ter um bom desempenho térmico				X	Isolamento térmico	Minimizar as trocas térmicas entre o interior e o exterior através da caixilharia
Entrevista utilizador	O sistema tem que ter um bom desempenho acústico				X	Isolamento acústico	Garantir uma boa insonorização em relação ao ruído exterior
Entrevista transformador / instalador	Temos uma palavra a dizer, porque penalizamos os sistemas que têm dificuldade de transformação				X	Facilidade de transformação	Ser fácil de transformar e instalar
Entrevista interna	O arquitecto, cada vez mais, quer folhas com uma dimensão enorme				X	Dimensão dos vãos	Possibilitar a utilização em vãos com grandes dimensões
Entrevista utilizador	Que sejam móveis, mas facilmente móveis				X	Movimentação dos vãos	Ser fácil de efectuar a movimentação
Entrevista arquitecto	Queremos determinados níveis de transparência				X	Área transparente permitida na estrutura	Permitir a adaptação a diferentes áreas de transparência requeridas
Entrevista promotor imobiliário	Muitas vezes as infiltrações acontecem por mau isolamento, má colagem, má transformação				X	Transformação e instalação	O sistema é correctamente transformado e instalado em obra
Entrevista interna	Muitas vezes as pessoas abrem a janela e levam com a janela depois de uma rajada de vento				X	Nível de abertura da janela	Manter o nível de abertura desejado
Entrevista promotor imobiliário	As pessoas querem uma taxa de conforto maior sem lhes dar grande trabalho, portanto, tudo o que parta por uma solução que envolva conservação e manutenção, não será adequada				X	Grau de conservação e manutenção	Ser durável a nível funcional e estrutural Ser fácil de reparar
Entrevista interna	Temos que cumprir um conjunto de requisitos de segurança, sobretudo quando pensamos na possibilidade de as pessoas caírem				X	Protecção contra queda	Proteger o utilizador contra a possibilidade de queda
Entrevista arquitecto	Hoje começa a surgir uma cultura do espaço que se transforma, do espaço que é diferente pela capacidade de se alterar e adaptar à pessoa, ao dia ou ao momento do dia				X	Personalização do produto	Permitir a personalização dos elementos decorativos
Entrevista transformador / instalador	As pessoas querem mais qualquer coisa, querem janelas com seis metros de altura			X		Dimensionamento dos vãos	Possibilitar a utilização de vãos com grandes dimensões
Entrevista interna	Existe muito em Portugal ainda essa cultura, principalmente no norte, do vidraceiro ser quem coloca os vidros no local e o transformador limita-se a fazer as janelas, só que isso leva-nos a solicitações nos nossos sistemas que não são recomendadas				X	Conhecimentos técnicos de quem instala	A instalação do sistema é efectuada por pessoas tecnicamente habilitadas
Entrevista interna	Os arquitectos cada vez mais querem ter uma gama de materiais, de texturas e de cores vasta (...) ao nível dos tratamentos de superfície e das soluções superficiais				X	Variedade de elementos decorativos	Ter uma oferta alargada de opções em termos de elementos decorativos

XXI.4. Diagrama de afinidades do conjunto final de 39 requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ponte de ruptura térmica

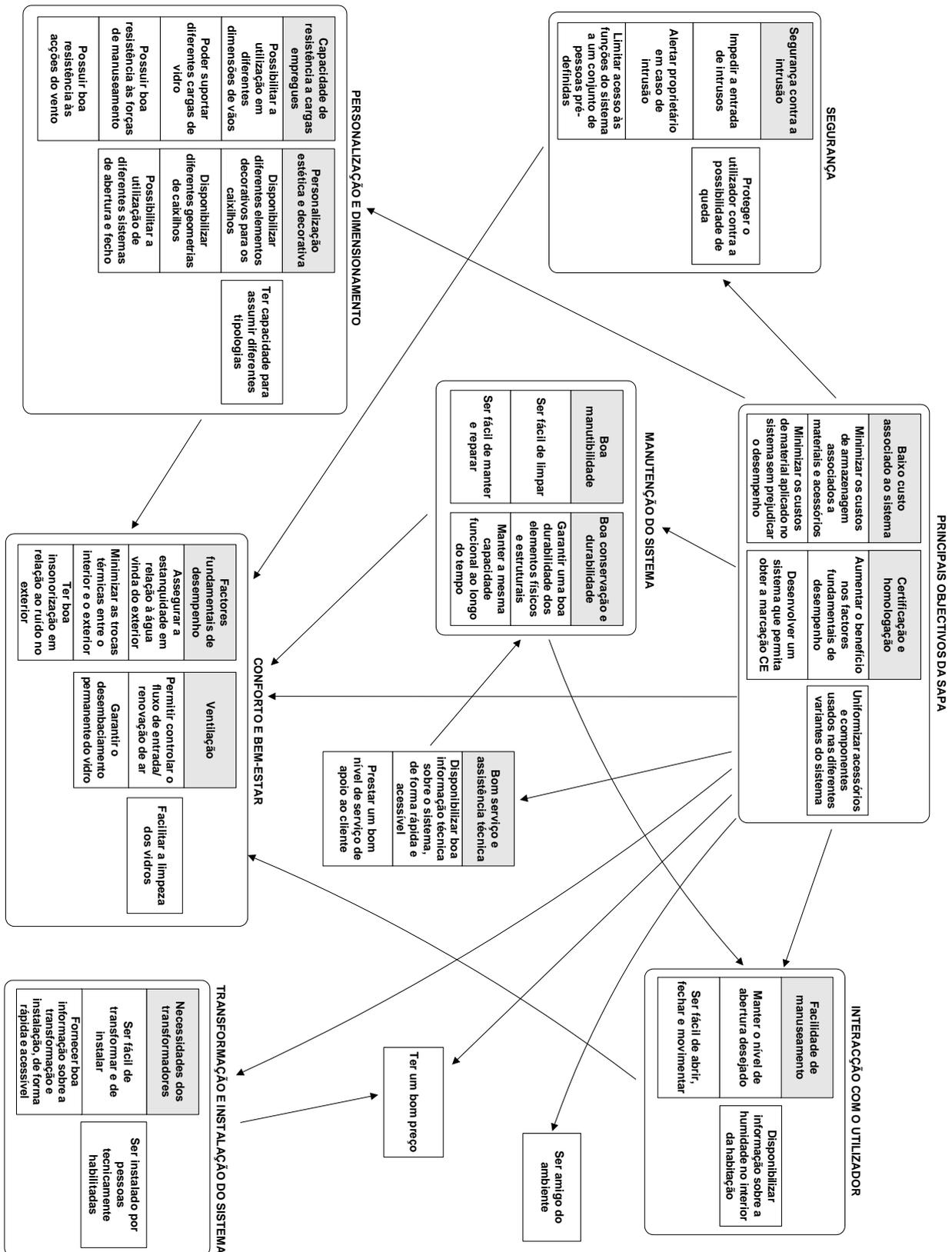


Figura XXI.3 – Diagrama de afinidades dos requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica.

XXI.5. Análise à heterogeneidade dos requisitos entre grupos de clientes

Quadro XXI.2 – Enquadramento dos requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica, relativamente aos quatro principais grupos de clientes, aos objectivos da Sapa BS Portugal, e a situações reveladoras da presença de variedade espacial.

N.º	Descrição do requisito	Grupos de clientes				Sapa BS	Análise à presença de variedade
		Utilizadores	Transformadores e Instaladores	Projectistas / Arquitectos	Promotores imobiliários		
r _{c1}	Assegurar a estanquidade em relação à água vinda do exterior	X	X	X	X	X	Requisito comum, especificação de desempenho diferenciada
r _{c2}	Minimizar as trocas térmicas entre o interior e o exterior	X	X	X	X	X	Requisito comum, especificação de desempenho diferenciada
r _{c3}	Ter boa insonorização em relação ao ruído no exterior	X	X	X	X	X	Requisito comum, especificação de desempenho diferenciada
r _{c4}	Permitir controlar o fluxo de entrada/renovação de ar	X	X	X	X	X	Requisito comum, personalização com carácter opcional
r _{c5}	Garantir o desembaciamento permanente do vidro	X	X	X	X	X	
r _{c6}	Facilitar a limpeza dos vidros	X	X	X	X	X	
r _{c7}	Possibilitar a utilização em diferentes dimensões de vãos	—	X	X	X	X	
r _{c8}	Poder suportar diferentes cargas de vidro	—	X	X	X	X	
r _{c9}	Possuir boa resistência às forças de manuseamento	X	X	X	X	X	
r _{c10}	Possuir boa resistência às acções do vento	X	X	X	X	X	Requisito comum, especificação de desempenho diferenciada
r _{c11}	Disponibilizar diferentes elementos decorativos para os caixilhos	X	X	X	X	X	Requisito comum, personalização de estilo
r _{c12}	Disponibilizar diferentes geometrias de caixilhos	X	X	X	X	X	Requisito comum, personalização de estilo
r _{c13}	Possibilitar a utilização de diferentes sistemas de abertura e fecho	X	X	X	X	X	Requisito comum, personalização de estilo
r _{c14}	Ter capacidade para assumir diferentes tipologias	X	X	X	X	X	Requisito comum, personalização de estilo/mecanismo
r _{c15}	Ser fácil de limpar	X	X	X	X	X	
r _{c16}	Ser fácil de manter e reparar	X	X	X	X	X	
r _{c17}	Garantir uma boa durabilidade dos elementos físicos e estruturais	X	X	X	X	X	
r _{c18}	Manter a mesma capacidade funcional ao longo do tempo	X	X	X	X	X	
r _{c19}	Impedir a entrada de intrusos	X	X	X	X	X	
r _{c20}	Alertar proprietário em caso de intrusão	X	X	X	X	X	Requisito comum, personalização com carácter opcional
r _{c21}	Limitar acesso às funções do sistema a um conjunto de pessoas pré-definidas	X	X	X	X	X	Requisito comum, personalização com carácter opcional
r _{c22}	Proteger o utilizador contra a possibilidade de queda	X	X	X	X	X	
r _{c23}	Manter o nível de abertura desejado	X	X	X	X	X	
r _{c24}	Ser fácil de abrir, fechar e movimentar	X	X	X	X	X	
r _{c25}	Disponibilizar informação sobre a humidade no interior da habitação	X	X	X	X	X	Requisito comum, personalização com carácter opcional
r _{c26}	Ser fácil de transformar e de instalar	—	X	—	—	X	
r _{c27}	Fornecer boa informação sobre a transformação e instalação, de forma rápida e acessível	—	X	—	—	X	
r _{c28}	Ser instalado por pessoas tecnicamente habilitadas	X	—	—	X	X	
r _{c29}	Ser amigo do ambiente	X	X	X	X	X	
r _{c30}	Ter um bom preço de venda	X	X	X	X	X	Requisito comum, especificação diferenciada
r _{c31}	Disponibilizar boa informação técnica sobre o sistema, de forma rápida e acessível	X	X	X	X	X	
r _{c32}	Prestar um bom nível de serviço de apoio ao cliente	X	X	X	X	X	
r _{c33}	Minimizar os custos de armazenagem associados a materiais e acessórios	—	—	—	—	X	
r _{c34}	Minimizar os custos de material aplicado no sistema sem prejudicar o desempenho	—	—	—	—	X	
r _{c35}	Aumentar o benefício nos factores fundamentais de desempenho	—	—	—	—	X	
r _{c36}	Desenvolver um sistema que permita obter a marcação CE	—	—	—	—	X	
r _{c37}	Uniformizar acessórios e componentes usados nas diferentes variantes do sistema	—	—	—	—	X	

XXI.6. Estratégia para a elaboração dos questionários de “Importância-Kano”

Quadro XXI.3 – Estratégia seguida na elaboração das quatro versões de questionários no projecto de DFSS da Sapa BS Portugal.

Questionário A	X			
Questionário B		X		
Questionário C			X	X
	Utilizadores	Transformadores e Instaladores	Projectistas / Arquitectos	Promotores imobiliários
Questão relativa ao requisito 1	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 2	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 3	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 4	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 5	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 6	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 7	—	X	X	X
Questão relativa ao requisito 8	—	X	X	X
Questão relativa ao requisito 9	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 10	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 11	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 12	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 13	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 14	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 15	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 16	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 17	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 18	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 19	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 20	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 21	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 22	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 23	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 24	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 25	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 26	—	X	—	—
Questão relativa ao requisito 27	—	○	—	—
Questão relativa ao requisito 28	○	—	—	○
Questão relativa ao requisito 29	X	X	X	X
Questão relativa ao requisito 30	○	○	○	○
Questão relativa ao requisito 31	○	○	○	○
Questão relativa ao requisito 32	○	○	○	○
Questão relativa ao requisito 33	—	—	—	—
Questão relativa ao requisito 34	—	—	—	—
Questão relativa ao requisito 35	—	—	—	—
Questão relativa ao requisito 36	—	—	—	—
Questão relativa ao requisito 37	—	—	—	—

XXI.7. Planeamento e resultados do inquérito-piloto para os questionários “Importância-Kano”

Foram inquiridos, forma aleatória, 10 elementos representativos de cada um dos grupos e segmentos de clientes. Em linha com o descrito por Alreck e Settle (2004), esta actividade foi desenvolvida tendo em vista a concretização de dois objectivos principais:

- 1) Estimar o desvio-padrão da população, referente a cada *stakeholder* (grupo de clientes) e segmento dos clientes utilizadores.
- 2) Identificar áreas de melhoria para o questionário “Importância-Kano” (e.g. deficiente formulação de questões, interpretações ambíguas).

A consumação do primeiro objectivo envolveu a realização das seguintes etapas:

- i. Para cada grupo e segmento de clientes, identificaram-se os três requisitos/atributos que mereceram maior pontuação no grau de importância por parte desse grupo/segmento.
- ii. Para esses três requisitos/atributos, considerando cada um dos grupos e segmentos de clientes, calculou-se o valor do desvio-padrão amostral através da equação XXI.1. O valor mais elevado, obtido nesses três cálculos, serviu como estimativa do desvio-padrão da população para o respectivo grupo ou segmento de clientes.

$$\hat{\sigma}_k = \sqrt{\sum_{i=1}^{n=10} \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (\text{XXI.1})$$

em que:

$\hat{\sigma}_k$ – Estimativa do desvio-padrão da população para o k -ésimo grupo/segmento de clientes.

n – Dimensão da amostra (igual a 10, correspondente aos 10 questionários respondidos em cada grupo e segmento de clientes).

x_i – Grau de importância atribuído no i -ésimo questionário ($i = 1, \dots, 10$).

\bar{x} – Média dos graus de importância atribuídos, na totalidade dos 10 questionários.

Em relação ao segundo objectivo, a análise dos questionários “Importância-Kano” preliminares, permitiram introduzir algumas melhorias, que conduziram à elaboração definitiva destes questionários, os quais se encontram no apêndice XXI.8. Uma das melhorias foi a modificação da formulação do requisito “Ter capacidade de assumir várias tipologias” para a seguinte forma, que se torna mais fácil de compreender: “Poder optar por diferentes mecanismos de abertura da janela alternativos”. Os quadros XXI.4 e XXI.5 resumem o planeamento e os principais resultados do inquérito-piloto.

Quadro XXI.4 – Planeamento e resultados do inquérito-piloto realizado aos seguintes grupos de clientes: 1) Transformadores e instaladores; 2) Promotores imobiliários; 3) Projectistas/Arquitectos.

	Transformadores e Instaladores	Promotores imobiliários	Projectistas/Arquitectos
População	Todos os transformadores portugueses de caixilharia em alumínio que também efectuem instalação	Todos os promotores imobiliários com actividade em Portugal	Todos os <i>ateliers</i> de arquitectura em Portugal
Janela amostral	Base de dados interna com lista dos transformadores que têm ou já tiveram relação comercial com a Sapa BS	Base de dados interna com lista dos promotores imobiliários que têm ou já tiveram relação comercial com a Sapa BS	Base de dados interna com lista dos <i>ateliers</i> de arquitectura que têm ou já tiveram relação comercial com a Sapa BS
Questionário	B	C	C
N.º de questionários enviados até obter 10 questionários preenchidos e validados	17	28	23
Taxa de retorno dos questionários	58,8%	35,7%	43,5%
Estimativa do desvio-padrão da população	1,261	1,164	1,343

Quadro XXI.5 – Planeamento e resultados do inquérito-piloto realizado aos segmentos de utilizadores.

	Residencial	Hotéis e restauração	Escritórios	Saúde	Educação
População	Todos os habitantes com residência em Portugal	Todos os responsáveis por unidades hoteleiras e de restauração em Portugal	Todas as pessoas que trabalham em escritórios em Portugal	Todas as pessoas que trabalham em unidades de saúde em Portugal	Todas as pessoas que trabalham em unidades educacionais em Portugal
Janela amostral	Base de dados interna dos clientes residenciais	Lista de contactos da Sapa BS	Lista de contactos da Sapa BS	Lista de contactos da Sapa BS	Lista de contactos da Sapa BS
Questionário	A	A	A	A	A
N.º questionários enviados até obter 10 questionários preenchidos e validados	20	31	23	31	34
Taxa de retorno dos questionários	50,0%	32,2%	43,5%	32,2%	29,4%
Estimativa do desvio-padrão da população	1,244	0,971	1,060	1,457	1,137

XXI.8. Enunciado dos questionários de “Importância-Kano”

Questionário A: Utilizadores

Inquérito											
Tendo em conta as escalas abaixo descritas, atribua um grau de importância a cada requisito e responda às seguintes questões :											
Escala para o grau de importância	Pouco importante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito importante
Escala para a resposta a questões	1 - Gostaria | 2 - Tinha de ser | 3 - Neutral | 4 - Poderia Tolerar | 5 - Não Gostaria										
Atribua um grau de importância aos seguintes atributos para um novo sistema de caixilharia:						Como se sentiria relativamente a um novo sistema de caixilharia se...					
Atributo	Importância		1	2	3	4	5				
Assegurar a estanquidade à água vinda do exterior		Garantissem a estanquidade em relação à água vinda do exterior?									
		Não fosse capaz de garantir a estanquidade em relação à água vinda do exterior?									
Minimizar as trocas térmicas entre o interior e o exterior		Permitisse evitar a entrada de frio ou calor através da janela?									
		Não contribuisse para evitar a entrada de frio ou calor através da janela?									
Ter boa insonorização em relação ao ruído no exterior		Garantissem uma boa insonorização em relação ao ruído exterior?									
		Não assegurasse uma boa insonorização em relação ao ruído exterior?									
Permitir controlar o fluxo de entrada/renovação de ar		Permitisse controlar o fluxo de renovação de ar pretendido?									
		Fosse incapaz de controlar o fluxo de renovação de ar pretendido?									
Garantir o desembaciamento permanente do vidro		Fosse capaz de garantir o desembaciamento permanente do vidro da janela?									
		Fosse incapaz de garantir o desembaciamento permanente do vidro da janela?									
Facilitar a limpeza dos vidros		Facilitasse a limpeza dos lados interior e exterior dos vidros?									
		Não facilitasse a limpeza dos lados interior e exterior dos vidros?									
Possuir boa resistência às forças de manuseamento		Tivesse uma boa resistência às forças provocadas pelo manuseamento?									
		Não tivesse uma adequada resistência às forças provocadas pelo manuseamento?									
Possuir boa resistência às acções do vento		Tivesse uma boa resistência às acções provocadas pelo vento?									
		Não tivesse uma boa resistência às acções provocadas pelo vento?									
Disponibilizar diferentes elementos decorativos para os caixilhos		Pudesse optar por diferentes elementos decorativos para os caixilhos?									
		Não pudesse optar por diferentes elementos decorativos para os caixilhos?									
Disponibilizar diferentes geometrias de caixilhos		Pudesse escolher diferentes geometrias de caixilhos?									
		Não pudesse escolher diferentes geometrias de caixilhos?									
Possibilitar a utilização de diferentes sistemas de abertura e fecho		Permitisse a utilização de diferentes tipos e estilos de sistemas de abertura/fecho?									
		Não permitisse a utilização de diferentes tipos e estilos de sistemas de abertura/fecho?									
Poder optar por diferentes mecanismos de abertura da janela alternativos		Conseguisse ser utilizado em diferentes tipologias de janelas?									
		Não fosse capaz de ser utilizado em diferentes tipologias de janelas?									
Ser fácil de limpar		Fosse fácil de limpar?									
		Não fosse fácil de limpar?									
Ser fácil de manter e reparar		Fosse fácil de efectuar manutenção e/ou reparação?									
		Não fosse fácil de efectuar manutenção e/ou reparação?									
Ter boa durabilidade dos elementos físicos e estruturais		Tivesse uma boa durabilidade dos elementos físicos e no seu aspecto?									
		Fosse incapaz de garantir uma boa durabilidade dos elementos físicos e no seu aspecto?									
Manter a mesma capacidade funcional ao longo do tempo		Conseguisse manter o mesmo desempenho funcional ao longo do tempo?									
		Não conseguisse manter o mesmo desempenho funcional ao longo do tempo?									
Impedir a entrada de intrusos		Evitasse a entrada de pessoas através da janela?									
		Fosse incapaz de evitar a entrada de pessoas através da janela?									
Alertar o proprietário em caso de intrusão		Pudesse alertar o proprietário em caso de tentativa de intrusão através da janela?									
		Não alertasse o proprietário em caso de tentativa de intrusão através da janela?									
Limitar acesso às funções do sistema a um conjunto de pessoas pré-definidas		Pudesse limitar o acesso às funções da janela a um conjunto pré-definido de pessoas?									
		Não pudesse limitar o acesso às funções da janela a um conjunto pré-definido de pessoas?									
Proteger contra a possibilidade de queda		Prevenisse a possibilidade de queda?									
		Não conseguisse prevenir a possibilidade de queda?									
Manter o nível de abertura desejado		Fosse capaz de fixar um nível de abertura da janela quando não a quiser fechada?									
		Não fosse capaz de fixar um nível de abertura da janela quando não a quiser fechada?									
Ser fácil de abrir, fechar e movimentar		Pudesse facilmente abrir, fechar e efectuar a movimentação da janela?									
		Não fosse capaz de facilmente abrir, fechar e efectuar a movimentação da janela?									
Disponibilizar informação sobre a humidade no interior da habitação		Pudesse indicar o nível de humidade existente no interior da habitação?									
		Não indicasse o nível de humidade existente no interior da habitação?									
Ser amigo do ambiente		Tivesse propriedades "amigas" do ambiente?									
		Não tivesse propriedades "amigas" do ambiente?									

Figura XXI.4 – Versão do questionário “Importância-Kano” dirigida para o grupo de clientes “Utilizadores”.

Questionário B: Transformadores e instaladores

Inquérito											
Tendo em conta as escalas abaixo descritas, atribua um grau de importância a cada requisito e responda às seguintes questões:											
Escala para o grau de importância	Pouco importante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito importante
Escala para a resposta a questões	1 - Gostaria | 2 - Tinha de ser | 3 - Neutral | 4 - Poderia Tolerar | 5 - Não Gostaria										
Atribua um grau de importância aos seguintes atributos para um novo sistema de caixilharia:							Como se sentiria relativamente a um novo sistema de caixilharia se...				
Atributo	Importância						1	2	3	4	5
Assegurar a estanquidade à água vinda do exterior		Garantisse a estanquidade em relação à água vinda do exterior?									
		Não fosse capaz de garantir a estanquidade em relação à água vinda do exterior?									
Minimizar as trocas térmicas entre o interior e o exterior		Permitisse evitar a entrada de frio ou calor através da janela?									
		Não contribuisse para evitar a entrada de frio ou calor através da janela?									
Ter boa insonorização em relação ao ruído no exterior		Garantisse uma boa insonorização em relação ao ruído exterior?									
		Não assegurasse uma boa insonorização em relação ao ruído exterior?									
Permitir controlar o fluxo de entrada/renovação de ar		Permitisse controlar o fluxo de renovação de ar pretendido?									
		Fosse incapaz de controlar o fluxo de renovação de ar pretendido?									
Garantir o desembaciamento permanente do vidro		Fosse capaz de garantir o desembaciamento permanente do vidro da janela?									
		Fosse incapaz de garantir o desembaciamento permanente do vidro da janela?									
Facilitar a limpeza dos vidros		Facilitasse a limpeza dos lados interior e exterior dos vidros?									
		Não facilitasse a limpeza dos lados interior e exterior dos vidros?									
Possibilitar a utilização em várias dimensões de vãos		Pudesse ser adaptável para utilização em vãos de diferentes dimensões?									
		Fosse incapaz de ser adaptável para utilização em vãos de diferentes dimensões?									
Poder suportar diferentes espessuras e/ou painéis de vidro		Conseguisse suportar as espessuras e/ou número de painéis de vidro pretendidos?									
		Conseguisse suportar as espessuras e/ou número de painéis de vidro pretendidos?									
Possuir boa resistência às forças de manuseamento		Tivesse uma boa resistência às forças provocadas pelo manuseamento?									
		Não tivesse uma adequada resistência às forças provocadas pelo manuseamento?									
Possuir boa resistência às acções do vento		Tivesse uma boa resistência às acções provocadas pelo vento?									
		Não tivesse uma boa resistência às acções provocadas pelo vento?									
Disponibilizar diferentes elementos decorativos para os caixilhos		Pudesse optar por diferentes elementos decorativos para os caixilhos?									
		Não pudesse optar por diferentes elementos decorativos para os caixilhos?									
Disponibilizar diferentes geometrias de caixilhos		Pudesse escolher diferentes geometrias de caixilhos?									
		Não pudesse escolher diferentes geometrias de caixilhos?									
Possibilitar a utilização de diferentes sistemas de abertura e fecho		Permitisse a utilização de diferentes tipos e estilos de sistemas de abertura/fecho?									
		Não permitisse a utilização de diferentes tipos e estilos de sistemas de abertura/fecho?									
Poder optar por diferentes mecanismos de abertura da janela alternativos		Conseguisse ser utilizado em diferentes tipologias de janelas?									
		Não fosse capaz de ser utilizado em diferentes tipologias de janelas?									
Ser fácil de limpar		Fosse fácil de limpar?									
		Não fosse fácil de limpar?									
Ser fácil de manter e reparar		Fosse fácil de efectuar manutenção e/ou reparação?									
		Não fosse fácil de efectuar manutenção e/ou reparação?									
Ter boa durabilidade dos elementos físicos e estruturais		Tivesse uma boa durabilidade dos elementos físicos e no seu aspecto?									
		Fosse incapaz de garantir uma boa durabilidade dos elementos físicos e no seu aspecto?									
Manter a mesma capacidade funcional ao longo do tempo		Conseguisse manter o mesmo desempenho funcional ao longo do tempo?									
		Não conseguisse manter o mesmo desempenho funcional ao longo do tempo?									
Impedir a entrada de intrusos		Evitasse a entrada de pessoas através da janela?									
		Fosse incapaz de evitar a entrada de pessoas através da janela?									
Alertar o proprietário em caso de intrusão		Pudesse alertar o proprietário em caso de tentativa de intrusão através da janela?									
		Não alertasse o proprietário em caso de tentativa de intrusão através da janela?									
Limitar acesso às funções do sistema a um conjunto de pessoas pré-definidas		Pudesse limitar o acesso às funções da janela a um conjunto pré-definido de pessoas?									
		Não pudesse limitar o acesso às funções da janela a um conjunto pré-definido de pessoas?									
Proteger contra a possibilidade de queda		Prevenisse a possibilidade de queda?									
		Não conseguisse prevenir a possibilidade de queda?									
Manter o nível de abertura desejado		Fosse capaz de fixar um nível de abertura da janela quando não a quiser fechada?									
		Não fosse capaz de fixar um nível de abertura da janela quando não a quiser fechada?									
Ser fácil de abrir, fechar e movimentar		Pudesse facilmente abrir, fechar e efectuar a movimentação da janela?									
		Não fosse capaz de facilmente abrir, fechar e efectuar a movimentação da janela?									
Disponibilizar informação sobre a humidade no interior da habitação		Pudesse indicar o nível de humidade existente no interior da habitação?									
		Não indicasse o nível de humidade existente no interior da habitação?									
Ser fácil de transformar e de instalar		Fosse ser fácil de transformar e de instalar?									
		Não fosse fácil de transformar e de instalar?									
Ser amigo do ambiente		Tivesse propriedades "amigas" do ambiente?									
		Não tivesse propriedades "amigas" do ambiente?									

Figura XXI.5 – Versão do questionário “Importância-Kano” dirigida para o grupo de clientes “Transformadores e instaladores”.

Questionário C: Projectistas/Arquitectos – Promotores imobiliários

Inquérito											
Tendo em conta as escalas abaixo descritas, atribua um grau de importância a cada requisito e responda às seguintes questões:											
Escala para o grau de importância	Pouco importante	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito importante
Escala para a resposta a questões	1 - Gostaria | 2 - Tinha de ser | 3 - Neutral | 4 - Poderia Tolerar | 5 - Não Gostaria										
Atribua um grau de importância aos seguintes atributos para um novo sistema de caixilharia:							Como se sentiria relativamente a um novo sistema de caixilharia se...				
Atributo	Importância						1	2	3	4	5
Assegurar a estanquidade à água vinda do exterior		Garantissem a estanquidade em relação à água vinda do exterior?									
		Não fosse capaz de garantir a estanquidade em relação à água vinda do exterior?									
Minimizar as trocas térmicas entre o interior e o exterior		Permitisse evitar a entrada de frio ou calor através da janela?									
		Não contribuisse para evitar a entrada de frio ou calor através da janela?									
Ter boa insonorização em relação ao ruído no exterior		Garantissem uma boa insonorização em relação ao ruído exterior?									
		Não assegurasse uma boa insonorização em relação ao ruído exterior?									
Permitir controlar o fluxo de entrada/renovação de ar		Permitisse controlar o fluxo de renovação de ar pretendido?									
		Fosse incapaz de controlar o fluxo de renovação de ar pretendido?									
Garantir o desembaciamento permanente do vidro		Fosse capaz de garantir o desembaciamento permanente do vidro da janela?									
		Fosse incapaz de garantir o desembaciamento permanente do vidro da janela?									
Facilitar a limpeza dos vidros		Facilitasse a limpeza dos lados interior e exterior dos vidros?									
		Não facilitasse a limpeza dos lados interior e exterior dos vidros?									
Possibilitar a utilização em várias dimensões de vãos		Pudesse ser adaptável para utilização em vãos de diferentes dimensões?									
		Fosse incapaz de ser adaptável para utilização em vãos de diferentes dimensões?									
Poder suportar diferentes espessuras e/ou painéis de vidro		Conseguisse suportar as espessuras e/ou número de painéis de vidro pretendidos?									
		Conseguisse suportar as espessuras e/ou número de painéis de vidro pretendidos?									
Possuir boa resistência às forças de manuseamento		Tivesse uma boa resistência às forças provocadas pelo manuseamento?									
		Não tivesse uma adequada resistência às forças provocadas pelo manuseamento?									
Possuir boa resistência às acções do vento		Tivesse uma boa resistência às acções provocadas pelo vento?									
		Não tivesse uma boa resistência às acções provocadas pelo vento?									
Disponibilizar diferentes elementos decorativos para os caixilhos		Pudesse optar por diferentes elementos decorativos para os caixilhos?									
		Não pudesse optar por diferentes elementos decorativos para os caixilhos?									
Disponibilizar diferentes geometrias de caixilhos		Pudesse escolher diferentes geometrias de caixilhos?									
		Não pudesse escolher diferentes geometrias de caixilhos?									
Possibilitar a utilização de diferentes sistemas de abertura e fecho		Permitisse a utilização de diferentes tipos e estilos de sistemas de abertura/fecho?									
		Não permitisse a utilização de diferentes tipos e estilos de sistemas de abertura/fecho?									
Poder optar por diferentes mecanismos de abertura da janela alternativos		Conseguisse ser utilizado em diferentes tipologias de janelas?									
		Não fosse capaz de ser utilizado em diferentes tipologias de janelas?									
Ser fácil de limpar		Fosse fácil de limpar?									
		Não fosse fácil de limpar?									
Ser fácil de manter e reparar		Fosse fácil de efectuar manutenção e/ou reparação?									
		Não fosse fácil de efectuar manutenção e/ou reparação?									
Ter boa durabilidade dos elementos físicos e estruturais		Tivesse uma boa durabilidade dos elementos físicos e no seu aspecto?									
		Fosse incapaz de garantir uma boa durabilidade dos elementos físicos e no seu aspecto?									
Manter a mesma capacidade funcional ao longo do tempo		Conseguisse manter o mesmo desempenho funcional ao longo do tempo?									
		Não conseguisse manter o mesmo desempenho funcional ao longo do tempo?									
Impedir a entrada de intrusos		Evitasse a entrada de pessoas através da janela?									
		Fosse incapaz de evitar a entrada de pessoas através da janela?									
Alertar o proprietário em caso de intrusão		Pudesse alertar o proprietário em caso de tentativa de intrusão através da janela?									
		Não alertasse o proprietário em caso de tentativa de intrusão através da janela?									
Limitar acesso às funções do sistema a um conjunto de pessoas pré-definidas		Pudesse limitar o acesso às funções da janela a um conjunto pré-definido de pessoas?									
		Não pudesse limitar o acesso às funções da janela a um conjunto pré-definido de pessoas?									
Proteger contra a possibilidade de queda		Prevenisse a possibilidade de queda?									
		Não conseguisse prevenir a possibilidade de queda?									
Manter o nível de abertura desejado		Fosse capaz de fixar um nível de abertura da janela quando não a quiser fechada?									
		Não fosse capaz de fixar um nível de abertura da janela quando não a quiser fechada?									
Ser fácil de abrir, fechar e movimentar		Pudesse facilmente abrir, fechar e efectuar a movimentação da janela?									
		Não fosse capaz de facilmente abrir, fechar e efectuar a movimentação da janela?									
Disponibilizar informação sobre a humidade no interior da habitação		Pudesse indicar o nível de humidade existente no interior da habitação?									
		Não indicasse o nível de humidade existente no interior da habitação?									
Ser amigo do ambiente		Tivesse propriedades "amigas" do ambiente?									
		Não tivesse propriedades "amigas" do ambiente?									

Figura XXI.6 – Versão do questionário “Importância-Kano” dirigida para os grupos de clientes “Projectistas/Arquitectos” e “Promotores imobiliários”.

XXI.9. Plano amostral adoptado nos questionários “Importância-Kano”

Quadro XXI.6 – Plano de amostragem e dados sobre a recepção dos questionários, relativamente aos *stakeholders* (grupos de clientes) indicados.

	Transformadores e Instaladores	Promotores imobiliários	Projectistas/Arquitectos
População	Todos os transformadores portugueses de caixilharia em alumínio que também efectuem instalação	Todos os promotores imobiliários com actividade em Portugal	Todos os <i>ateliers</i> de arquitectura em Portugal
Janela amostral	Base de dados interna com lista dos transformadores que têm ou já tiveram relação comercial com a Sapa BS	Base de dados interna com lista dos promotores imobiliários que têm ou já tiveram relação comercial com a Sapa BS	Base de dados interna com lista dos <i>ateliers</i> de arquitectura que têm ou já tiveram relação comercial com a Sapa BS
Questionário	B	C	C
Desvio-padrão da população (inquérito-piloto)	1,261	1,164	1,343
Precisão da estimativa pretendida	0,5	0,5	0,5
Nível de confiança especificado	95%	95%	95%
Dimensão amostral mínima	25 ¹⁾	21	28
Questionários enviados	60	65	58
Questionários recebidos e validados	26	21	28
Taxa de resposta	43,3%	32,3%	48,3%

Para a utilização do método para o cálculo da dimensão amostral mínima, assumiu-se que os dados eram independentes e normalmente distribuídos, com variância constante. Os dados contidos no quadro XXI.6 permitiram efectuar o cálculo a dimensão amostral mínima, recorrendo ao método tradicional de estimativa de uma população de médias. A figura XXI.7 mostra os resultados obtidos recorrendo ao auxílio do *software* da Moresteam, que funciona em ambiente MS Excel.

Sample Size Calculator for Estimating Means:	Sample Size Calculator for Estimating Means:	Sample Size Calculator for Estimating Means:
Enter values requested in cells with yellow background. Current / Historical Pop. Mean (not required) mean = <input type="text"/> Current / Historical Population Std. Deviation sigma = <input type="text" value="1,261"/> Specified Precision of the Estimate (+/- D%) delta = <input type="text" value="0,5"/> Acceptable Risk Level (1-Confidence Level) alpha = <input type="text" value="0,05"/> Required Sample Size <input type="text" value="25"/>	Enter values requested in cells with yellow background. Current / Historical Pop. Mean (not required) mean = <input type="text"/> Current / Historical Population Std. Deviation sigma = <input type="text" value="1,164"/> Specified Precision of the Estimate (+/- D%) delta = <input type="text" value="0,5"/> Acceptable Risk Level (1-Confidence Level) alpha = <input type="text" value="0,05"/> Required Sample Size <input type="text" value="21"/>	Enter values requested in cells with yellow background. Current / Historical Pop. Mean (not required) mean = <input type="text"/> Current / Historical Population Std. Deviation sigma = <input type="text" value="1,343"/> Specified Precision of the Estimate (+/- D%) delta = <input type="text" value="0,5"/> Acceptable Risk Level (1-Confidence Level) alpha = <input type="text" value="0,05"/> Required Sample Size <input type="text" value="28"/>

Figura XXI.7 – Determinação da dimensão amostral mínima utilizando o *software* da Moresteam.

Quadro XXI.7 – Plano de amostragem e dados sobre a recepção dos questionários, relativamente aos segmentos de utilizadores indicados.

	Residencial	Hotéis e restauração	Escritórios	Saúde	Educação
População	Todos os habitantes com residência em Portugal	Todos os responsáveis por unidades hoteleiras e de restauração em Portugal	Todas as pessoas que trabalham em escritórios em Portugal	Todas as pessoas que trabalham em unidades de saúde em Portugal	Todas as pessoas que trabalham em unidades educacionais em Portugal
Janela amostral	Base de dados interna dos clientes residenciais	Lista de contactos da Sapa BS	Lista de contactos da Sapa BS	Lista de contactos da Sapa BS	Lista de contactos da Sapa BS
Questionário	A	A	A	A	A
Desvio-padrão da população (inquérito-piloto)	1,244	0,971	1,060	1,457	1,137
Precisão da estimativa pretendida	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Nível de confiança especificado	95%	95%	95%	95%	95%
Dimensão amostral mínima	24	15	18	33	20
Questionários enviados	60	65	45	90	70
Questionários recebidos e validados	28	23	25	33	25
Taxa de resposta	46,7%	35,4%	55,5%	36,7%	28,6%

O método para a determinação de cada uma das dimensões amostrais mínimas, referidas neste quadro, foi o mesmo mencionado anteriormente, tendo novamente sido utilizado o *software* da Moresteam.

XXI.10. Sumário dos resultados obtidos nos questionários “Importância-Kano”

Requisitos	Grupos de clientes (Stakeholders)	Média do grau de importância	Categoria de Kano	CS	DS	Matriz CS/DS
Assegurar a estanquidade em relação à água vinda do exterior	Utilizadores	8,8	Obrigatório	0,34	-0,71	Crítico
	Transformadores	8,6	Obrigatório	0,35	-0,62	Crítico
	Projectistas	8,5	Obrigatório	0,43	-0,54	Crítico
	Imobiliários	8,8	Obrigatório	0,48	-0,52	Crítico
Minimizar as trocas térmicas entre o interior e o exterior	Utilizadores	8,5	Proporcional	0,59	-0,47	Oportunidade
	Transformadores	8,0	Proporcional	0,58	-0,42	Oportunidade
	Projectistas	8,1	Proporcional	0,57	-0,39	Oportunidade
	Imobiliários	8,2	Proporcional	0,67	-0,38	Oportunidade
Ter boa insonorização em relação ao ruído no exterior	Utilizadores	8,4	Proporcional	0,60	-0,45	Oportunidade
	Transformadores	8,0	Proporcional	0,54	-0,42	Oportunidade
	Projectistas	8,1	Proporcional	0,54	-0,43	Oportunidade
	Imobiliários	8,4	Proporcional	0,57	-0,52	Imperativo
Permitir controlar o fluxo de entrada/renovação de ar	Utilizadores	6,7	Proporcional	0,86	-0,51	Imperativo
	Transformadores	7,4	Proporcional	0,58	-0,50	Imperativo
	Projectistas	6,5	Proporcional	0,50	-0,46	Oportunidade
	Imobiliários	6,5	Proporcional	0,62	-0,38	Oportunidade
Garantir o desembaciamento permanente do vidro	Utilizadores	7,0	Obrigatório	0,48	-0,55	Crítico
	Transformadores	7,1	Obrigatório	0,46	-0,58	Crítico
	Projectistas	6,5	Obrigatório	0,43	-0,61	Crítico
	Imobiliários	6,8	Obrigatório	0,57	-0,62	Imperativo
Facilitar a limpeza dos vidros	Utilizadores	7,0	Atraente	0,62	-0,64	Imperativo
	Transformadores	5,5	Proporcional	0,73	-0,49	Oportunidade
	Projectistas	6,1	Proporcional	0,57	-0,46	Oportunidade
	Imobiliários	6,8	Proporcional	0,62	-0,48	Oportunidade
Possibilitar a utilização em diferentes dimensões de vãos	Utilizadores	NA	NA	NA	NA	NA
	Transformadores	6,0	Obrigatório	0,54	-0,61	Imperativo
	Projectistas	7,1	Proporcional	0,78	-0,46	Oportunidade
	Imobiliários	6,7	Obrigatório	0,57	-0,67	Imperativo
Poder suportar diferentes cargas de vidro	Utilizadores	NA	NA	NA	NA	NA
	Transformadores	6,8	Proporcional	0,54	-0,50	Imperativo
	Projectistas	7,3	Proporcional	0,78	-0,43	Oportunidade
	Imobiliários	7,0	Proporcional	0,65	-0,6	Imperativo
Possuir boa resistência às forças de manuseamento	Utilizadores	5,2	Obrigatório	0,36	-0,71	Crítico
	Transformadores	6,2	Obrigatório	0,54	-0,58	Imperativo
	Projectistas	5,0	Obrigatório	0,39	-0,50	Crítico
	Imobiliários	4,9	Obrigatório	0,48	-0,71	Crítico
Possuir boa resistência às acções do vento	Utilizadores	7,2	Obrigatório	0,28	-0,72	Crítico
	Transformadores	8,2	Obrigatório	0,35	-0,69	Crítico
	Projectistas	7,5	Obrigatório	0,29	-0,64	Crítico
	Imobiliários	7,0	Obrigatório	0,43	-0,62	Crítico
Disponibilizar diferentes elementos decorativos para os caixilhos	Utilizadores	5,7	Proporcional	0,70	-0,41	Oportunidade
	Transformadores	4,2	Proporcional	0,73	-0,42	Oportunidade
	Projectistas	6,3	Proporcional	0,86	-0,48	Oportunidade
	Imobiliários	5,4	Proporcional	0,67	-0,48	Oportunidade
Disponibilizar diferentes geometrias de caixilhos	Utilizadores	5,8	Atraente	0,64	-0,65	Crítico
	Transformadores	4,1	Indiferente	0,46	-0,46	Menos relevante
	Projectistas	6,3	Atraente	0,79	-0,59	Imperativo
	Imobiliários	5,7	Atraente	0,62	-0,48	Oportunidade
Possibilitar a utilização de diferentes sistemas de abertura e fecho	Utilizadores	6,1	Atraente	0,70	-0,49	Oportunidade
	Transformadores	5,8	Atraente	0,69	-0,58	Imperativo
	Projectistas	6,5	Atraente	0,86	-0,62	Imperativo
	Imobiliários	5,6	Atraente	0,62	-0,52	Imperativo
Ter capacidade para assumir diferentes tipologias	Utilizadores	5,5	Indiferente	0,53	-0,31	Crítico
	Transformadores	5,7	Obrigatório	0,46	-0,65	Crítico
	Projectistas	6,4	Proporcional	0,59	-0,41	Oportunidade
	Imobiliários	4,7	Obrigatório	0,48	-0,71	Crítico
Ser fácil de limpar	Utilizadores	7,0	Proporcional	0,68	-0,54	Imperativo
	Transformadores	4,8	Proporcional	0,61	-0,27	Oportunidade
	Projectistas	5,9	Proporcional	0,64	-0,39	Oportunidade
	Imobiliários	6,1	Proporcional	0,52	-0,48	Oportunidade
Ser fácil de manter e reparar	Utilizadores	7,2	Proporcional	0,72	-0,53	Imperativo
	Transformadores	6,8	Proporcional	0,69	-0,42	Oportunidade
	Projectistas	6,5	Proporcional	0,54	-0,46	Oportunidade
	Imobiliários	6,7	Proporcional	0,52	-0,48	Oportunidade
Garantir uma boa durabilidade dos elementos físicos e estruturais	Utilizadores	7,1	Proporcional	0,60	-0,54	Imperativo
	Transformadores	6,8	Proporcional	0,77	-0,31	Oportunidade
	Projectistas	6,8	Proporcional	0,57	-0,43	Oportunidade
	Imobiliários	6,6	Proporcional	0,57	-0,48	Oportunidade
Manter a mesma capacidade funcional ao longo do tempo	Utilizadores	7,6	Obrigatório	0,51	-0,54	Imperativo
	Transformadores	6,8	Proporcional	0,85	-0,37	Oportunidade
	Projectistas	7,0	Proporcional	0,54	-0,46	Oportunidade
	Imobiliários	7,0	Obrigatório	0,62	-0,67	Imperativo
Impedir a entrada de intrusos	Utilizadores	8,3	Proporcional	0,63	-0,56	Imperativo
	Transformadores	7,5	Proporcional	0,81	-0,50	Imperativo
	Projectistas	7,6	Proporcional	0,71	-0,54	Imperativo
	Imobiliários	8,0	Proporcional	0,67	-0,43	Crítico
Alertar proprietário em caso de intrusão	Utilizadores	7,4	Atraente	0,66	-0,46	Oportunidade
	Transformadores	7,2	Atraente	0,77	-0,46	Oportunidade
	Projectistas	6,9	Atraente	0,61	-0,43	Oportunidade
	Imobiliários	7,5	Atraente	0,62	-0,48	Oportunidade
Limitar acesso às funções do sistema a um conjunto de pessoas pré-definidas	Utilizadores	4,0	Atraente	0,54	-0,48	Oportunidade
	Transformadores	3,4	Indiferente	0,69	-0,38	Oportunidade
	Projectistas	4,0	Indiferente	0,61	-0,46	Oportunidade
	Imobiliários	4,1	Atraente	0,57	-0,48	Oportunidade
Proteger o utilizador contra a possibilidade de queda	Utilizadores	7,7	Obrigatório	0,49	-0,68	Crítico
	Transformadores	7,2	Obrigatório	0,54	-0,73	Imperativo
	Projectistas	7,8	Obrigatório	0,50	-0,57	Imperativo
	Imobiliários	7,8	Obrigatório	0,43	-0,62	Crítico
Manter o nível de abertura desejado	Utilizadores	5,6	Proporcional	0,58	-0,54	Imperativo
	Transformadores	6,0	Proporcional	0,61	-0,54	Imperativo
	Projectistas	6,1	Proporcional	0,57	-0,46	Oportunidade
	Imobiliários	5,3	Proporcional	0,57	-0,52	Imperativo
Ser fácil de abrir, fechar e movimentar	Utilizadores	7,9	Proporcional	0,54	-0,51	Imperativo
	Transformadores	7,7	Proporcional	0,58	-0,54	Imperativo
	Projectistas	7,7	Proporcional	0,57	-0,46	Oportunidade
	Imobiliários	8,0	Obrigatório	0,48	-0,57	Crítico
Disponibilizar informação sobre a humidade no interior da habitação	Utilizadores	3,6	Indiferente	0,47	-0,47	Menos relevante
	Transformadores	3,0	Indiferente	0,42	-0,35	Menos relevante
	Projectistas	4,5	Atraente	0,64	-0,54	Oportunidade
	Imobiliários	4,6	Atraente	0,62	-0,48	Oportunidade
Ser fácil de transformar e de instalar	Utilizadores	NA	NA	NA	NA	NA
	Transformadores	8,0	Proporcional	0,77	-0,31	Oportunidade
	Projectistas	NA	NA	NA	NA	NA
	Imobiliários	NA	NA	NA	NA	NA
Ser amigo do ambiente	Utilizadores	6,5	Proporcional	0,65	-0,52	Imperativo
	Transformadores	6,0	Proporcional	0,62	-0,46	Oportunidade
	Projectistas	6,6	Atraente	0,61	-0,61	Imperativo
	Imobiliários	5,9	Proporcional	0,43	-0,38	Menos relevante

Figura XXI.8 – Resumo dos resultados obtidos na análise dos questionários “Importância-Kano”, que foram incluídos no quarto 1 da *Variety House of Quality* (VHoQ).

XXI.11. Processo de decomposição aplicado à concepção e desenvolvimento do sistema de caixilharia de ruptura térmica

► Nível hierárquico 1:

Requisitos funcionais:

- FR_1 = Proporcionar os níveis de desempenho que assegurem o conforto pretendido para o espaço interior.
- FR_2 = Assegurar os níveis de transparência para permitir o acesso pretendido a luz natural.
- FR_3 = Permitir a ventilação do espaço interior.
- FR_4 = Assegurar os níveis requeridos de segurança para pessoas e bens.
- FR_5 = Integrar módulos de cada modelo do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica.

Constrangimentos:

Os constrangimentos referentes ao nível 1 da hierarquia, sua tipificação e impacto nos cinco requisitos funcionais, encontram-se indicados no quadro 7.10 da tese. Note-se que a resistência mecânica, uma das CTQCs prioritizadas na sequência da aplicação da VHoQ, não deu origem a nenhuma especificação crítica de desempenho; dada a relação muito forte que tem com a resistência ao vento (essa relação muito forte está identificada no telhado da VHoQ – Apêndice XXI.12), não houve necessidade de incluir a resistência mecânica de forma directa, visto que está presente de forma indirecta.

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_1 = Desempenhos face às condições ambientais e de renovação de ar.
- DP_2 = Disponibilidade para enchimentos de envidraçado.
- DP_3 = Sistema de abertura e fecho da janela ou porta.
 - DP_{3a} = Batente com abertura de 1 folha.
 - DP_{3b} = Batente com abertura de 2 folhas.
- DP_4 = Desempenhos de segurança face à intrusão e à utilização.
- DP_5 = Conjunto de ligações, encaixes e integradores da estrutura.

Matriz de projecto referente a todas as possíveis combinações de escolhas para o DP_1 e DP_2 :

$$\left. \begin{array}{l} FR_1 \\ FR_2 \\ FR_3 \\ FR_4 \\ FR_5 \end{array} \right\} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ ? & X & 0 & 0 & 0 \\ ? & ? & X & 0 & 0 \\ ? & ? & ? & X & 0 \\ X & X & X & X & X \end{bmatrix} \left. \begin{array}{l} DP_1 \\ DP_2 \\ DP_{3(a,b)} \\ DP_4 \\ DP_5 \end{array} \right\} \quad (XXI.2)$$

Tabela FR/DP:

A tabela FR/DP, descrevendo os conjuntos iniciais de FRs e DPs (nível 1 da hierarquia), encontra-se indicada no quadro 7.11 da tese.

→ **Decomposição do nó FR₁-DP₁:**

➤ **Nível hierárquico 2:**

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1,1} = Ser resistente às acções provocadas pelo vento.
- FR_{1,2} = Assegurar adequada permeabilidade ao ar provindo do exterior.
- FR_{1,3} = Garantir um adequado isolamento térmico do espaço interior.
- FR_{1,4} = Assegurar um adequado isolamento acústico relativamente ao som e ruído externos.
- FR_{1,5} = Assegurar estanquidade à água provinda do exterior.
- FR_{1,6} = Assegurar uma adequada resistência aos elementos que provocam a corrosão.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XXI.8 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR₁-DP₁.

Constrangimentos			Requisitos funcionais						
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR _{1,1}	FR _{1,2}	FR _{1,3}	FR _{1,4}	FR _{1,5}	FR _{1,6}	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)									
Constrangimentos de interface (Interface constraints)									
C1-1	C-10	Permitir adaptar a diferentes dimensões de vãos e envidraçados	X	X	X	X	X		
Constrangimentos globais (Global constraints)									
C1-2	C-11	Ter boa durabilidade e conservação face às condições ambientais a que estará sujeito durante o seu tempo de vida	X	X	X	X	X	X	
C1-3	C-12	Ser fácil de manter e reparar	X	X	X	X	X	X	
C1-4	C-13	Assegurar o conforto térmico e acústico assegurando eficientes desempenhos energéticos	X	X	X	X	X	X	
C1-5	C-14	Minimizar os custos de ciclo de vida	X	X	X	X	X	X	
C1-6	C-15	Cumprir com todas as normas e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	X	
C1-7	C-16	Simplificar o processo de transformação e instalação	X	X	X	X	X	X	
C1-8	C-17	Maximizar uniformização de acessórios e componentes	X	X	X	X	X	X	
C1-9	C-18	Ter um bom preço de venda, adequado a cada gama	X	X	X	X	X	X	
Constrangimentos de projecto (Project constraints)									
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)									

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi efectuada a verificação da consistência dos seis sub-FRs definidos (FR_{1,1} a FR_{1,6}) com as decisões tomadas no nível parental. As regras adoptadas para determinar essa consistência são as que constam da secção 5.4.2.4 da tese, relativamente ao método de decomposição (MDCV) aí proposto. A(s) fonte(s) de cada um desses seis FRs encontram-se indicados na tabela FR/DP do quadro XXI.9.

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{1,1} = Propriedades de resistência dos caixilhos do sistema às forças de flexão.
- DP_{1,2} = Sistemas de juntas e seu posicionamento para limitação do caudal de passagem de ar.
- DP_{1,3} = Sistema de ruptura térmica e de câmaras interiores ao perfilado.
- DP_{1,4} = Espessura do envidraçado permitido pelo sistema e características dos vidros (espessura é definida em função do desempenho acústico objectivado para cada variante do sistema).
- DP_{1,5} = Sistemas de vedação e drenagem.

- DP_{1,6} = Tratamento superficial dos caixilhos/perfis à corrosão.

Tabela FR/DP:

Quadro XXI.9 – Tabela FR/DP (nível 2 da hierarquia) resultante da decomposição do nó FR₁-DP₁.

Requisito funcional (FR) de maior ordem						Elemento de solução / Parâmetro de projecto				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR ₁	Proporcionar os níveis de desempenho que assegurem o conforto pretendido para o espaço interior					Desempenhos face às condições ambientais e de renovação de ar	DP ₁	Tipo II		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais				Fonte(s)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Necessidade	Transformação	Efeito	(Código)					
FR _{1,1}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP ₁ , C-5 _(a, b)	Ser resistente às acções provocadas pelo vento	Propriedades de resistência dos caixilhos do sistema às forças de flexão	DP _{1,1}	Tipo V	Ensaio segundo norma EN12210
FR _{1,2}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP ₁ , C-6	Assegurar adequada permeabilidade ao ar provindo do exterior	Sistemas de juntas e seu posicionamento para limitação do caudal de passagem de ar	DP _{1,2}	Tipo III	Ensaio segundo norma EN 1026
FR _{1,3}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP ₁ , FR ₁ , C-4 _(a, b, c)	Garantir um adequado isolamento térmico do espaço interior	Sistema de ruptura térmica e de câmaras interiores ao perfilado	DP _{1,3}	Tipo III	Ensaio segundo norma EN ISO 10077-1:2000
FR _{1,4}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP ₁ , FR ₁ , C-3 _(a, b, c)	Assegurar um adequado isolamento acústico relativamente ao som e ruído externos	Espessura do envidraçado permitido pelo sistema e características dos vidros (espessura é definida em função do desempenho acústico objectivado para cada variante do sistema)	DP _{1,4}	Tipo V	Ensaio segundo norma EN ISO 140-3
FR _{1,5}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP ₁ , FR ₁ , C-1 _(a, b, c) , C-2 _(a, b, c)	Assegurar estanquidade à água provida do exterior	Sistemas de vedação e drenagem	DP _{1,5}	Tipo III	Ensaio segundo norma EN 1027
FR _{1,6}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP ₁	Assegurar uma adequada resistência aos elementos que provocam a corrosão	Tratamento superficial dos caixilhos/perfis à corrosão	DP _{1,6}	Tipo V	

Matriz de projecto:

$$\begin{matrix} \underline{FR_{1,1}} \\ \underline{FR_{1,2}} \\ \underline{FR_{1,3}} \\ \underline{FR_{1,4}} \\ \underline{FR_{1,5}} \\ \underline{FR_{1,6}} \end{matrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 & X & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 & X & 0 \\ X & X & X & X & X & 0 \\ X & X & 0 & X & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 & X & 0 \\ X & 0 & 0 & 0 & 0 & X \end{bmatrix} \begin{matrix} DP_{1,1} \\ DP_{1,2} \\ DP_{1,3} \\ DP_{1,4} \\ DP_{1,5} \\ DP_{1,6} \end{matrix} \tag{XXI.3}$$

Os FRs sublinhados indicam requisitos funcionais cujas CTQCs, a eles associados, exigem níveis diferenciados de desempenho para as variantes previstas do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica (conferir *Variety House of Quality*). Esta matriz evidencia acoplamento funcional.

➤ **Nível hierárquico 3:**

Em linha com o método de decomposição MDCV, proposto no capítulo 5 da tese, apenas é necessário decompor os requisitos funcionais que estejam associados a funções dependentes

- **Decomposição do FR intitulado “Garantir um adequado isolamento térmico do espaço interior”, correspondente ao nó FR_{1,3}-DP_{1,3}.**

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{1,3.1} = Interromper/bloquear a condução térmica através dos perfis de alumínio.
- FR_{1,3.2} = Reduzir a carga térmica a ser conduzida pelos perfis.
- FR_{1,3.3} = Efectuar, onde aplicável, a união/ligação dos componentes de ruptura térmica com os perfilados e com os outros acessórios do sistema.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 2 para o nível 3) e seu refinamento:

Quadro XXI.10 – Constrangimentos refinados, em consequência da decomposição do nó FR_{1.3}-DP_{1.3}, do nível 2 para o nível 3 da hierarquia.

Constrangimentos			Requisitos funcionais			
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR _{1.3.1}	FR _{1.3.2}	FR _{1.3.3}	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)						
Constrangimentos de interface (Interface constraints)						
C1.3-1	C1-1	Permitir adaptar a diferentes dimensões de vãos e envidraçados		X		
Constrangimentos globais (Global constraints)						
C1.3-2	C1-2	Ter boa durabilidade e conservação face às condições ambientais a que estará sujeito durante o seu tempo de vida	X	X	X	
C1.3-3	C1-3	Ser fácil de manter e reparar	X	X	X	
C1.3-4	C1-4	Assegurar o conforto térmico assegurando eficientes desempenhos energéticos	X	X	X	
C1.3-5	C1-5	Minimizar os custos de ciclo de vida	X	X	X	
C1.3-6	C1-6	Cumprir com todas as normas e regulamentos aplicáveis	X	X	X	
C1.3-7	C1-7	Simplificar o processo de transformação e instalação	X	X	X	
C1.3-8	C1-8	Maximizar a uniformização de acessórios e componentes	X	X	X	
C1.3-9	C1-9	Ter um bom preço de venda, adequado a cada gama	X	X	X	
Constrangimentos de projecto (Project constraints)						
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)						

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi efectuada a verificação da consistência dos três sub-FRs definidos (FR_{1.3.1} a FR_{1.3.4}) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 2). As regras adoptadas para determinar essa consistência foram aquelas que constam da secção 5.4.2.4 da tese, relativamente ao método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV) aí proposto. A(s) fonte(s) de cada um desses três FRs encontram-se indicados na tabela FR/DP do quadro XXI.11.

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{1.3.1} = Poliamidas colocadas entre os perfilados de alumínio (dimensão e número de poliamidas definidos em função do desempenho térmico objectivado para cada uma das variantes).
- DP_{1.3.2} = Número de câmaras entre os perfilados (esse número é definido em função do desempenho térmico objectivado para cada uma das variantes).
- DP_{1.3.3} = Acessórios de união catalogados.

Tabela FR/DP:Quadro XXI.11 – Tabela FR/DP resultante da decomposição do nó FR_{1.3}-DP_{1.3}.

Requisito funcional (FR) de maior ordem					Elemento de solução / Parâmetro de projecto				
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP		
FR _{1.3}	Garantir um adequado isolamento térmico do espaço interior				Sistema de ruptura térmica e de câmaras interiores ao perfilado	DP _{1.3}	Tipo III		
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais			Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Necessidade	Transformação							Efeito
FR _{1.3.1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{1.3} , FR _{1.3}	Interromper/bloquear a condução térmica através dos perfis de alumínio	DP _{1.3.1}	Tipo IV	
FR _{1.3.2}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{1.3}	Reduzir a carga térmica a ser conduzida pelos perfis	DP _{1.3.2}	Tipo V	
FR _{1.3.3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	FR ₅	Efectuar, onde aplicável, a união/ligação dos componentes de ruptura térmica com os perfilados e com os outros acessórios do sistema	DP _{1.3.3}	Tipo IV	

Matriz de projecto:

$$\begin{Bmatrix} FR_{1.3.1} \\ FR_{1.3.2} \\ FR_{1.3.3} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ X & X & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{1.3.1} \\ DP_{1.3.2} \\ DP_{1.3.3} \end{Bmatrix} \quad (XXI.4)$$

- **Decomposição do FR intitulado “Assegurar um adequado isolamento acústico relativamente ao som e ruído externos”, correspondente ao nó FR_{1.4}-DP_{1.4}.**

O requisito funcional FR_{1.4} está associado a uma função dependente, pelo que existe a opção de decompor o nó FR_{1.4}-DP_{1.4}. Concluiu-se que essa decomposição era desnecessária, dado que o elemento de solução DP_{1.4} é directamente implementável.

→ **Decomposição do nó FR₂-DP₂:**

➤ **Nível hierárquico 2:**

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{2.1} = Posicionar correctamente o envidraçado.
- FR_{2.2} = Fixar o envidraçado.
- FR_{2.3} = Suportar a massa de envidraçado.
- FR_{2.4} = Permitir a ligação do envidraçado à caixilharia.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XXI.12 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR₂-DP₂.

Constrangimentos			Requisitos funcionais				
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR _{2.1}	FR _{2.2}	FR _{2.3}	FR _{2.4}	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)							
Constrangimentos de interface (Interface constraints)							
C2-1	C-7	Ser fácil de manusear (abrir, fechar, movimentar)	X	X	X	X	
C2-2	Sapa BS	Minimizar a vista de perfilado, maximizar a área de transparência			X	X	
C2-3	C-8	Proteger contra queda	X	X	X	X	
C2-4	C-10	Permitir adaptar a diferentes dimensões de vãos e envidraçados	X	X	X		
Constrangimentos globais (Global constraints)							
C2-5	C-11	Perfis e acessórios associados ao envidraçado com boa durabilidade e conservação	X	X	X	X	
C2-6	C-12	Assegura fácil manutenção e reparação	X	X	X	X	
C2-7	C-13	Assegurar a adopção de soluções amigas do ambiente	X	X	X	X	
C2-8	C-14	Minimizar os custos de ciclo de vida	X	X	X	X	
C2-9	C-15	Cumprir com todas as normas e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	
C2-10	C-16	Simplificar o processo de transformação e instalação	X	X	X	X	
C2-11	C-17	Maximizar a uniformização de acessórios e componentes	X	X	X	X	
C2-12	C-18	Ter um bom preço de venda, adequado a cada gama	X	X	X	X	
Constrangimentos de projecto (Project constraints)							
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)							

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi efectuada a verificação da consistência dos quatro sub-FRs definidos (FR_{2.1} a FR_{2.4}) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1). As regras adoptadas para determinar essa consistência foram aquelas que constam da secção 5.4.2.4 da tese, relativamente ao método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV) aí proposto. A(s) fonte(s) de cada um desses quatro FRs encontram-se indicados na tabela FR/DP do quadro XXI.13.

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{2.1} = Sistema de calços.
- DP_{2.2} = Sistema de bites.
- DP_{2.3} = Propriedades de resistência dos caixilhos da base das folhas à carga de compressão do vidro.
- DP_{2.4} = Golas/rebaixos.

Tabela FR/DP:

Quadro XXI.13 – Tabela FR/DP (nível 2 da hierarquia) resultante da decomposição do nó FR₂-DP₂.

Requisito funcional (FR) de maior ordem						Elemento de solução / Parâmetro de projecto				
Código	Descrição					Descrição	Código	Tipo de DP		
FR ₂	Assegurar os níveis de transparência para permitir o acesso pretendido a luz natural					Disponibilidade para enchimentos de envidraçado	DP ₂	Tipo II		
Requisitos funcionais (FRs)						Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)				
Código	Classificações funcionais				Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Necessidade	Transformação	Efeito						
FR _{2.1}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP ₂	Posicionar correctamente o envidraçado.	Sistema de calços	DP _{2.1}	Tipo III	
FR _{2.2}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP ₂	Fixar o envidraçado	Sistema de bites	DP _{2.2}	Tipo III	
FR _{2.3}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP ₂ , FR ₂	Suportar a massa de envidraçado	Propriedades de resistência dos caixilhos da base das folhas à carga de compressão do vidro	DP _{2.3}	Tipo V	
FR _{2.4}	Uso	Suporte	Processo	Útil	FR ₂	Permitir a ligação do envidraçado à caixilharia	Golas/rebaixos	DP _{2.4}	Tipo IV	

Matriz de projecto:

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{FR}_{2.1} \\ \text{FR}_{2.2} \\ \text{FR}_{2.3} \\ \text{FR}_{2.4} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{cccc} X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{l} \text{DP}_{2.1} \\ \text{DP}_{2.2} \\ \text{DP}_{2.3} \\ \text{DP}_{2.4} \end{array} \right\} \quad (\text{XXI.5})$$

➤ Nível hierárquico 3:

- **Decomposição do FR intitulado “Suportar a massa de envidraçado”, correspondente ao nó FR_{2.3}-DP_{2.3}.**

O requisito funcional FR_{2.3} está associado a uma função dependente, pelo que existe a opção de decompor o nó FR_{2.3}-DP_{2.3}. Concluiu-se que essa decomposição era desnecessária, dado que o elemento de solução DP_{2.3} é directamente implementável.

→ Decomposição do nó FR₃-DP₃:

➤ Nível hierárquico 2:

A decomposição deste nó é desenvolvida para uma tipologia de abertura de duas folhas (DP₃ = DP_{3b}).

Requisitos funcionais definidos:

- FR_{3(b),1} = Abrir e fechar a porta/janela.
- FR_{3(b),2} = Permitir a rotação articulada das folhas móveis.
- FR_{3(b),3} = Controlar a abertura das folhas móveis.
- FR_{3(b),4} = Trancar e destrancar a porta/janela.
- FR_{3(b),5} = Permitir a ligação do sistema de abertura e fecho com a caixilharia.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:

Quadro XXI.14 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR_{3(b)}-DP_{3(b)}.

Constrangimentos			Requisitos funcionais					
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR _{3(b),1}	FR _{3(b),2}	FR _{3(b),3}	FR _{3(b),4}	FR _{3(b),5}	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)								
Constrangimentos de interface (Interface constraints)								
C3b-1	C-7	Ser fácil de manusear (abrir, fechar, movimentar)	X	X	X	X		
C3b-2	C-8	Proteger contra queda	X	X	X	X	X	
C3b-3	C-9	Permitir personalização estética dos acessórios de abertura/fecho	X	X		X		
C3b-4	C-10	Assegura a adaptação a diferentes dimensões de vãos e envidraçados		X	X		X	
Constrangimentos globais (Global constraints)								
C3b-5	C-11	Assegurar que gama de acessórios, para objectivos de personalização. Têm adequada a durabilidade	X	X	X	X	X	
C3b-6	C-12	Garantir fácil manutenção e reparação do sistema de abertura/fecho da janela ou porta	X	X	X	X	X	
C3b-7	C-13	Ser amigo do ambiente	X	X	X	X	X	
C3b-8	C-14	Minimizar os custos de ciclo de vida	X	X	X	X	X	
C3b-9	C-15	Cumprir com todas as normas e regulamentos aplicáveis	X	X	X	X	X	
C3b-10	C-16	Simplificar o processo de transformação e instalação	X	X	X	X	X	
C3b-11	C-17	Maximizar uniformização de acessórios e componentes	X	X	X	X	X	
C3b-12	C-18	Ter um bom preço de venda, adequado a cada gama	X	X	X	X	X	
Constrangimentos de projecto (Project constraints)								
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)								

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi efectuada a verificação da consistência dos cinco sub-FRs definidos (FR_{3(b),1} a FR_{3(b),5}) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1). As regras adoptadas para determinar essa consistência foram aquelas que constam da secção 5.4.2.4 da tese, relativamente ao método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV) aí proposto. A(s) fonte(s) de cada um desses quatro FRs encontram-se indicados na tabela FR/DP do quadro XXI.15.

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{3(b),1} = Sistema de cremones, puxadores e muletas.
- DP_{3(b),2} = Sistema de dobradiças.
- DP_{3(b),3} = Sistema de limitação da abertura da folha móvel.

- $DP_{3(b).4}$ = Sistema de trinco.
- $DP_{3(b).5}$ = Fixações, ranhuras dos perfilados e acessórios de união, que permitem a ligação das ferragens à caixilharia.

Tabela FR/DP:

Quadro XXI.15 – Tabela FR/DP (nível 2 da hierarquia) resultante da decomposição do nó $FR_{3(b)}$ - $DP_{3(b)}$.

Requisito funcional (FR) de maior ordem					Elemento de solução / Parâmetro de projecto					
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP			
FR ₃	Permitir a ventilação do espaço interior				Sistema de abertura e fecho da janela ou porta (batente com abertura de 2 folhas)	DP _{3(b)}	Tipo III			
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais				Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação
	Aplicação	Necessidade	Transformação	Efeito						
FR _{3(b).1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP _{3(b)} , FR ₃	Abrir e fechar a porta/janela	Sistema de cremones, puxadores e muletas	DP _{3(b).1}	Tipo IV	
FR _{3(b).2}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{3(b)}	Permitir a rotação articulada das folhas móveis	Sistema de dobradiças	DP _{3(b).2}	Tipo IV	
FR _{3(b).3}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{3(b)}	Controlar a abertura das folhas móveis	Sistema de limitação da abertura da folha móvel	DP _{3(b).3}	Tipo IV	
FR _{3(b).4}	Uso	Suporte	Processo	Útil	DP _{3(b)}	Trancar e destrancar a porta/janela	Sistema de trinco	DP _{3(b).4}	Tipo IV	
FR _{3(b).5}	Uso	Suporte	Processo	Útil	FR ₅	Permitir a ligação do sistema de abertura e fecho com a caixilharia	Fixações, ranhuras dos perfilados e acessórios de união, que permitem a ligação das ferragens à caixilharia	DP _{3(b).5}	Tipo IV	

Matriz de projecto:

$$\left\{ \begin{array}{l} FR_{3(b).1} \\ FR_{3(b).2} \\ FR_{3(b).3} \\ FR_{3(b).4} \\ FR_{3(b).5} \end{array} \right\} = \left[\begin{array}{ccccc} X & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & X & 0 & 0 & 0 \\ X & X & X & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & X & 0 \\ X & X & X & X & X \end{array} \right] \left\{ \begin{array}{l} DP_{3(b).1} \\ DP_{3(b).2} \\ DP_{3(b).3} \\ DP_{3(b).4} \\ DP_{3(b).5} \end{array} \right\} \quad (XXI.6)$$

➤ Nível hierárquico 3:

- **Decomposição do FR intitulado “Abrir e fechar a porta/janela”, correspondente ao nó $FR_{3(b).1}$ - $DP_{3(b).1}$.**

O requisito funcional $FR_{3(b).1}$ está associado a uma função dependente, pelo que existe a opção de decompor o nó $FR_{3(b).1}$ - $DP_{3(b).1}$. Concluiu-se que essa decomposição era desnecessária, dado que o elemento de solução $DP_{3(b).1}$ é directamente implementável.

➔ Decomposição do nó FR_4 - DP_4 :

➤ Nível hierárquico 2:

Requisitos funcionais definidos:

- $FR_{4.1}$ = Proteger as pessoas contra a possibilidade de queda.
- $FR_{4.2}$ = Avisar para a tentativa de intrusão (opcional).
- $FR_{4.3}$ = Impedir a entrada de intrusos pela porta/janela.

Desdobramento dos constrangimentos (do nível 1 para o nível 2) e seu refinamento:Quadro XXI.16 – Constrangimentos refinados em resultado da decomposição do nó FR₄-DP₄.

Constrangimentos			Requisitos funcionais			
Código	Fonte	Descrição do constrangimento	FR _{4.1}	FR _{4.2}	FR _{4.3}	Verificação
Especificações críticas de desempenho (Critical performance specifications)						
Constrangimentos de interface (Interface constraints)						
C4-1	C-7	Assegurar um manuseamento fácil e seguro aquando utilização	X			
C4-2	C-9	Permitir personalização e opções extra		X		
C4-3	C-10	Permitir adaptar a diferentes dimensões de vãos e envidraçados	X	X	X	
Constrangimentos globais (Global constraints)						
C4-4	C-11	Assegurar boa durabilidade e conservação	X	X	X	
C4-5	C-12	Ser fácil de manter e reparar	X	X	X	
C4-6	C-13	Ser amigo do ambiente	X	X	X	
C4-7	C-14	Minimizar os custos de ciclo de vida	X	X	X	
C4-8	C-15	Cumprir com todas as normas e regulamentos aplicáveis	X	X	X	
C4-9	C-16	Simplificar o processo de transformação e instalação	X	X	X	
C4-10	C-17	Maximizar uniformização de acessórios e componentes	X	X	X	
C4-11	C-18	Ter um bom preço de venda, adequado a cada variante	X	X	X	
Constrangimentos de projecto (Project constraints)						
Constrangimentos de recursos (Feature constraints)						

Verificação da consistência da decomposição dos requisitos funcionais:

Foi efectuada a verificação da consistência dos três sub-FRs definidos (FR_{4.1} a FR_{4.3}) com as decisões tomadas no nível parental (nível hierárquico 1). As regras adoptadas para determinar essa consistência foram aquelas que constam da secção 5.4.2.4 da tese, relativamente ao método de decomposição centrado na criação de valor (MDCV) aí proposto. A(s) fonte(s) de cada um desses três FRs encontram-se indicados na tabela FR/DP do quadro XXI.17.

Parâmetros de projecto definidos:

- DP_{4.1} = Comportamento ao choque.
- DP_{4.2} = Sistema de alarme (instalar na caixilharia se for pedido).
- DP_{4.3} = Sistema anti-arrombamento.

Tabela FR/DP:Quadro XXI.17 – Tabela FR/DP (nível 2 da hierarquia) resultante da decomposição do nó FR₄-DP₄.

Requisito funcional (FR) de maior ordem					Elemento de solução / Parâmetro de projecto					
Código	Descrição				Descrição	Código	Tipo de DP			
FR ₄	Assegurar os níveis requeridos de segurança para pessoas e bens				Desempenhos de segurança face à intrusão e à utilização	DP ₄	Tipo II			
Requisitos funcionais (FRs)					Elementos de solução / Parâmetros de projecto (DPs)					
Código	Classificações funcionais			Fonte(s) (Código)	Descrição	Descrição	Código	Tipo de DP	Forma de verificação	
	Aplicação	Necessidade	Transformação							Efeito
FR _{4.1}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP ₄ , FR _{4.1} , C-8	Proteger as pessoas contra a possibilidade de queda	Comportamento ao choque	DP _{4.1}	Tipo V	
FR _{4.2}	Uso	Suporte	Processo	Útil	C-9	Avisar para a tentativa de intrusão (opcional)	Sistema de alarme (instalar na caixilharia se for pedido)	DP _{4.2}	Tipo IV	
FR _{4.3}	Uso	Dependente	Processo	Útil	DP ₄ , FR ₄	Impedir a entrada de intrusos pela porta/janela	Sistema anti-arrombamento	DP _{4.3}	Tipo III	

Matriz de projecto:

$$\begin{Bmatrix} FR_{4.1} \\ FR_{4.2} \\ FR_{4.3} \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} X & 0 & 0 \\ X & X & 0 \\ X & 0 & X \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} DP_{4.1} \\ DP_{4.2} \\ DP_{4.3} \end{Bmatrix} \quad (XXI.7)$$

► Nível hierárquico 3:

Em linha com o método de decomposição MDCV, proposto no capítulo 5 da tese, apenas é necessário decompor os requisitos funcionais que estejam associados a funções dependentes

- **Decomposição do FR intitulado “Proteger as pessoas contra possibilidade de queda”, correspondente ao nó FR_{4.1}-DP_{4.1}.**

O requisito funcional FR_{4.1} está associado a uma função dependente, pelo que existe a opção de decompor o nó FR_{4.1}-DP_{4.1}. Concluiu-se que essa decomposição era desnecessária, dado que o elemento de solução DP_{4.1} é directamente implementável.

- **Decomposição do FR intitulado “Proteger as pessoas contra possibilidade de queda”, correspondente ao nó FR_{4.3}-DP_{4.3}.**

O requisito funcional FR_{4.3} está associado a uma função dependente, pelo que existe a opção de decompor o nó FR_{4.3}-DP_{4.3}. Concluiu-se que essa decomposição era desnecessária, dado que o elemento de solução DP_{4.3} é directamente implementável.

Visualização resumida de decomposição

0	FR	FR0: Fornecer soluções de arquitectura para portas e janelas, que possam ser usadas	DP	DP0: Sistema de caixilharia de batente, em alumínio, com ponte de ruptura térmica, composto
1	FR	FR1: Proporcionar os níveis de desempenho que assegurem o conforto pretendido para o espaço	DP	DP1: Desempenhos face às condições ambientais e de renovação de ar
1.1	FR	FR1.1: Ser resistente às acções provocadas pelo vento	DP	DP1.1: Propriedades de resistência dos caixilhos do sistema às forças de flexão
1.2	FR	FR1.2: Assegurar adequada permeabilidade ao ar provindo do exterior	DP	DP1.2: Sistemas de juntas e seu posicionamento para limitação do caudal de passagem de
1.3	FR	FR1.3: Garantir um adequado isolamento térmico do espaço interior	DP	DP1.3: Sistema de ruptura térmica e de câmaras interiores ao perfilado
1.3.1	FR	FR1.3.1: Interromper/bloquear a condução térmica através dos perfis de alumínio	DP	DP1.3.1: Poliamidas colocadas entre os perfilados de alumínio (dimensão e número de
1.3.2	FR	FR1.3.2: Reduzir a carga térmica a ser conduzida pelos perfis	DP	DP1.3.2: Número de câmaras entre os perfilados (esse número é definido em função do
1.3.3	FR	FR1.3.3: Efectuar, onde aplicável, a união/ligação dos componentes de ruptura térmica com os	DP	DP1.3.3: Acessórios de união catalogados
1.4	FR	FR1.4: Assegurar um adequado isolamento acústico relativamente ao som e ruído externos	DP	DP1.4: Espessura do envidraçado permitido pelo sistema e características dos vidros
1.5	FR	FR1.5: Assegurar estanquidade à água provinda do exterior	DP	DP1.5: Sistemas de vedação e drenagem
1.6	FR	FR1.6: Assegurar uma adequada resistência aos elementos que provocam a corrosão	DP	DP1.6: Tratamento superficial dos caixilhos/perfis à corrosão
2	FR	FR2: Assegurar os níveis de transparência para permitir o acesso pretendido a luz natural	DP	DP2: Disponibilidade para enchimentos de envidraçado
2.1	FR	FR2.1: Posicionar correctamente o envidraçado	DP	DP2.1: Sistema de caíços
2.2	FR	FR2.2: Fixar o envidraçado	DP	DP2.2: Sistema de bites
2.3	FR	FR2.3: Suportar a massa de envidraçado	DP	DP2.3: Propriedades de resistência dos caixilhos da base das folhas à carga de compressão
2.4	FR	FR2.4: Permitir a ligação do envidraçado à caixilharia	DP	DP2.4: Golas/rebaixos
3	FR	FR3: Permitir a ventilação do espaço interior	DP	DP3: Sistema de abertura e fecho da janela ou porta
3.1	FR	FR3(b).1: Abrir e fechar a porta/janela	DP	DP3(b).1: Sistema de cremones, puxadores e muletas
3.2	FR	FR3(b).2: Permitir a rotação articulada das folhas móveis	DP	DP3(b).2: Sistema de dobradiças
3.3	FR	FR3(b).3: Controlar a abertura das folhas móveis	DP	DP3(b).3: Sistema de limitação da abertura da folha móvel
3.4	FR	FR3(b).4: Trancar e destrancar a porta/janela	DP	DP3(b).4: Sistema de trinco
3.5	FR	FR3(b).5: Permitir a ligação do sistema de abertura e fecho com a caixilharia	DP	DP3(b).5: Fixações, ranhuras dos perfilados e acessórios de união, que permitem a ligação
4	FR	FR4: Assegurar os níveis requeridos de segurança para pessoas e bens	DP	DP4: Desempenhos de segurança face à intrusão e à utilização
4.1	FR	FR4.1: Proteger as pessoas contra a possibilidade de queda	DP	Comportamento ao choque
4.2	FR	FR4.2: Avisar para a tentativa de intrusão (opcional)	DP	Sistema de alarme (instalar na caixilharia se for pedido)
4.3	FR	FR4.3: Impedir a entrada de intrusos pela porta/janela	DP	Sistema anti-arrombamento
5	FR	FR5: Integrar módulos de cada modelo do sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica	DP	DP5: Conjunto de ligações, encaixes e integradores da estrutura

Figura XXI.9 – Resumo da decomposição referente ao sistema de caixilharia de batente com ruptura térmica, para quando a tipologia de qualquer uma das variantes de batente de duas folhas.

Reordenação da matriz global de projecto (optimização conceptual):

A matriz global de projecto, obtida no final do processo de decomposição, encontra-se representada na figura XXI.10.

FR0: FR0: Sistema de climatização de ambiente, em alumínio, com painéis de ruptura térmica, composto por três modelos ou variantes orientados

		DP1: DP1: Desempenhos face às condições ambient...					DP2: DP2: Disponibilida...				DP3: DP3: Sistema de abertura ...					DP4: DP4: Dese...			DP5: DP5: Conjunto de ligaç...					
		DP1.1: Propri...	DP1.2: DP1.2: Sistem...	DP1.3: DP1.3: Sis...			DP1.4: DP1.4: Espes...	DP1.5: DP1.5: Sistem...	DP1.6: DP1.6: Tratam...	DP2.1: DP2.1: Sistem...	DP2.2: DP2.2: Sistem...	DP2.3: DP2.3: Propri...	DP2.4: DP2.4: Golas/...	DP3.1: DP3(b).1: Sist...	DP3.2: DP3(b).2: Sist...	DP3.3: DP3(b).3: Sist...	DP3.4: DP3(b).4: Sist...	DP3.5: DP3(b).5: Fika...	DP4.1: Comportame...	DP4.2: Sistema de al...	DP4.3: Sistema anti-...	DP5: DP5: Conjunto de ligaç...		
FR0: FR0: Fornecedor soluções de arquitectura para portas e janelas, que possam ser usadas consoante os requisitos e as necessidades de utilizaçã...	FR1: Proporcionar os níveis de desempenho que ass...	FR1.1: FR1.1: Ser r	X	O	O	O	O	X	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	X	O	O	O		
		FR1.2: FR1.2: Asse	X	X	O	X	O	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	
		FR1.3: FR1.3:Gar...	FR1.3.1: FR	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
			FR1.3.2: FR	O	O	X	X	O	X	X	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O
			FR1.3.3: FR	O	O	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		FR1.4: FR1.4: Asse	X	X	X	X	O	X	X	O	X	X	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O
		FR1.5: FR1.5: Asse	X	X	O	X	O	O	X	O	X	X	O	O	O	X	O	X	O	O	O	O	O	O
	FR1.6: FR1.6: Asse	X	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
	FR2: FR2: Assegurar os ...	FR2.1: FR2.1: Posic	O	O	O	O	O	X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
		FR2.2: FR2.2: Fixar	O	O	O	O	X	X	O	O	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
		FR2.3: FR2.3: Supc	X	O	O	X	O	X	O	O	X	X	X	O	O	O	O	O	O	X	O	X	O	O
		FR2.4: FR2.4: Perm	O	O	O	O	O	X	X	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
	FR3: FR3: Permitir a ventilação d...	FR3.1: FR3(b).1: Ab	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
		FR3.2: FR3(b).2: Pe	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	O
		FR3.3: FR3(b).3: Cc	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	X	O	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O
		FR3.4: FR3(b).4: Tr	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O
FR3.5: FR3(b).5: Pe		O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	O	O	O	O	O	
FR4: FR4: Asseg...	FR4.1: FR4.1: Prote	X	O	O	O	O	X	O	O	X	X	X	O	O	O	X	X	O	X	O	O	O	O	
	FR4.2: FR4.2: Avis	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	O	O	O	
	FR4.3: FR4.3: Impe	X	O	O	O	O	X	O	O	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	X	O	O	
FR5: FR5: Integrar módulos	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	X	O	X	O	X	X		

Figura XXI.10 – Matriz global de projecto com todos os FRs e DPs situados no nível-folha (matriz construída através do software DFSS Acclaro).

Para minimizar o grau de acoplamento, a matriz global de projecto anterior foi reordenada. O resultado desta optimização conceptual encontra-se disponibilizado na figura XXI.11.

DFSS: DFSS: Sistema de climatização de interiores, em alumínio, com painéis de ruptura térmica, composto por três módulos ou variantes diferentes

	DF1: DF5: Conjunto de ligação...	DP2: DP1: Desempenhos face às condições ambient...			DP3: DP2: Disponibilida...				DP4: DP3: Sistema de abertura ...					DP5: DP4: Dese...							
		DP2.1: DP1.1: Propri...	DP2.2: DP1.6: Tratam...	DP2.3: DP1.2: Sistem...	DP2.4: DP1.3: Sis...			DP2.5: DP1.5: Sistem...	DP2.6: DP1.4: Espee...	DP3.1: DP2.1: Sistem...	DP3.2: DP2.2: Sistem...	DP3.3: DP2.3: Propri...	DP3.4: DP2.4: Colae/...	DP4.1: DP3(b).1: Sist...	DP4.2: DP3(b).2: Sist...	DP4.3: DP3(b).3: Sist...	DP4.4: DP3(b).4: Sist...	DP4.5: DP3(b).5: Fixa...	DP5.1: Comportame...	DP5.2: Sistema de al...	DP5.3: Sistema anti...
					DP2.4.1: DP1...	DP2.4.2: DP1...	DP2.4.3: DP1...														
FR1: FR5: Integrar módulos	X	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	X	O	O	O	O	X	O	X	O	
FR2.1: FR1.1: Ser r	O	X	O	O	O	O	O	X	O	O	X	O	O	O	O	O	O	X	O	O	
FR2.2: FR1.6: Asse	O	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
FR2.3: FR1.2: Asse	O	X	O	X	O	X	O	X	X	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	
FR2.4.1: FR	O	X	O	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
FR2.4.2: FR	O	O	O	O	X	X	O	X	X	O	O	X	O	O	O	O	O	X	O	O	
FR2.4.3: FR	O	O	O	O	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
FR2.5: FR1.5: Asse	O	X	O	X	O	X	O	X	O	X	X	O	O	O	X	O	X	O	O	O	
FR2.6: FR1.4: Asse	O	X	O	X	X	X	O	X	X	X	X	O	O	O	O	X	O	O	O	O	
FR3.1: FR2.1: Posic	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
FR3.2: FR2.2: Fixar	O	O	O	O	O	O	X	O	X	X	X	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
FR3.3: FR2.3: Supc	O	X	O	O	O	X	O	O	X	X	X	X	O	O	O	O	O	X	O	X	
FR3.4: FR2.4: Perm	O	O	O	O	O	O	O	X	X	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	O	
FR4.1: FR3(b).1: Ab	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O	O	
FR4.2: FR3(b).2: Pe	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	X	O	O	X	O	O	O	O	O	
FR4.3: FR3(b).3: Co	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	X	O	X	X	X	O	O	O	O	
FR4.4: FR3(b).4: Tr	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	
FR4.5: FR3(b).5: Pe	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	O	O	
FR5.1: FR4.1: Prote	O	X	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	O	O	X	X	O	X	O	O	
FR5.2: FR4.2: Avisa	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	X	X	O	
FR5.3: FR4.3: Impe	O	X	O	O	O	O	O	O	X	X	X	X	X	X	X	O	X	X	X	X	

Figura XXI.11 – Matriz global de projecto reordenada com todos os FRs e DPs situados no nível-folha (matriz construída através do software DFSS Acclaro).

XXI.12. Variety House of Quality – Caso Sapa BS Portugal

Notação

- ↓ CTQC prioritizada
- ↑ CTQC cujo valor da métrica se pretende maximizar
- ↓ CTQC cujo valor da métrica se pretende minimizar
- ++ Par de CTQCs apresenta correlação positiva muito forte
- Par de CTQCs apresenta correlação negativa muito forte
- L A expectativa de alterações geracionais associadas ao requisito é baixa
- M A expectativa de alterações geracionais associadas ao requisito é média

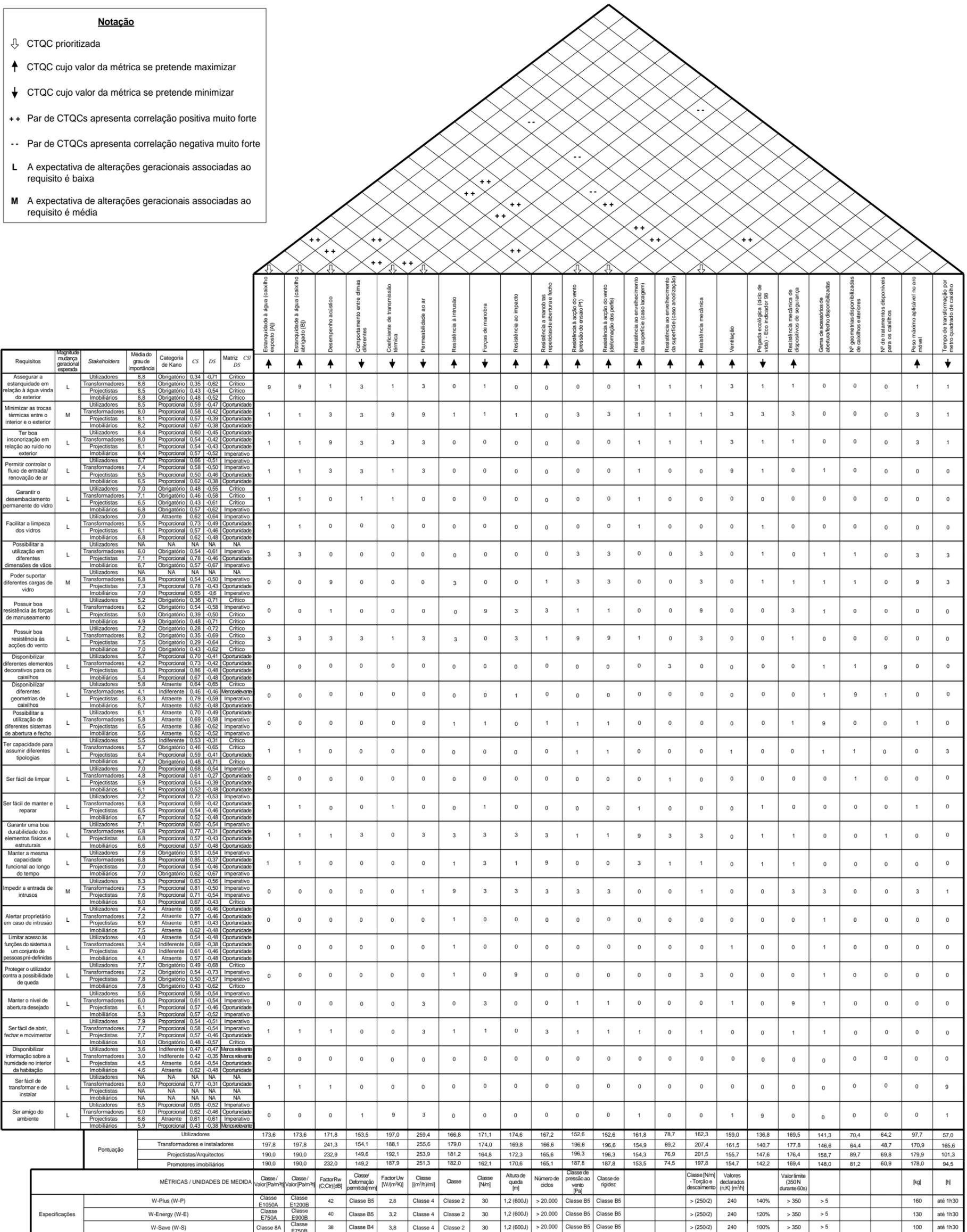


Figura XXI.12 – Variety House of Quality relativa ao projecto de DFSS realizado na Sapa BS Portugal.

As magnitudes das relações entre os requisitos aplicáveis ao sistema de caixilharia e as CTQCs, indicadas na matriz de relações, são válidas, independentemente dos grupos de clientes em análise.