



**Universidade de Aveiro**  
2015

Departamento de Economia, Gestão e  
Engenharia Industrial

**MAFALDA MARIA  
FONTES DE LIMA**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *ADVANCED*  
*PRODUCT QUALITY PLANNING* NO  
DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO NO  
SETOR AUTOMÓVEL**





**Universidade de  
Aveiro**  
2014

Departamento de Economia, Gestão e Engenharia  
Industrial

**MAFALDA MARIA  
FONTES DE LIMA**

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA *ADVANCED  
PRODUCT QUALITY PLANNING* NO  
DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO NO  
SETOR AUTOMÓVEL**

Relatório de projeto apresentado à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos, Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro.



## **o júri**

presidente

**Professor Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira**  
Professor Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da  
Universidade de Aveiro

**Professora Doutora Ana Sofia Leonardo Vilela de Matos**  
Professora Auxiliar da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa

**Professora Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos**  
Professora Auxiliar do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da  
Universidade de Aveiro



## **Agradecimentos**

Um agradecimento muito especial à Eng<sup>a</sup> Sandra Pereira pela oportunidade de integrar este projeto.

Um agradecimento à Andreia Belo e outros colaboradores da fábrica por todo o apoio e orientação na Empresa e que serviram de pilar para a realização do projeto.

Um agradecimento à Professora Doutora Helena Maria Alvelos, pelo apoio e orientação na execução deste projeto e à Universidade de Aveiro por proporcionar esta oportunidade.

Aos meus pais e avó que me deram a oportunidade de concretizar o sonho que tanto ambicionava, por serem um apoio incondicional e por tudo o que ensinaram ao longo da vida. Aos meus irmãos por sempre me apoiarem incansavelmente nesta fase importante e por sempre acreditarem em mim. Um agradecimento às Tias por me auxiliarem neste percurso e por estarem sempre disponíveis para me ajudar.

Um grande agradecimento ao meu namorado por me mostrar todos os dias que, com esforço, consigo alcançar todos os meus objetivos e por me fazer acreditar sempre que era capaz. Aos meus amigos por sempre estarem a meu lado nas alturas mais complicadas e sempre me terem amparado nestes momentos.





**palavras-chave**

Qualidade, APQP, capacidade do processo, indústria automóvel, controlo da qualidade, melhoria da qualidade, prevenção de defeitos.

**resumo**

Este projeto surgiu com a necessidade da constituição de uma equipa multidisciplinar, incluindo uma pessoa responsável pela qualidade no desenvolvimento de um novo produto da fábrica. O produto é a estrutura metálica de um encosto de trás de um automóvel.

Para o desenvolvimento do produto foi usado o método *Advanced Product Quality Planning*, vastamente utilizado no setor automóvel. Com o intuito de melhor perceber os problemas que podem surgir no novo produto foi estudado um produto fabricado no local de estágio e outro produzido numa outra fábrica do mesmo grupo, que têm algumas semelhanças a nível de processo e de design, respetivamente.

Foram utilizadas algumas ferramentas da qualidade para explorar os problemas existentes na fábrica a nível do produto já existente e comprovado se algumas ações de melhoria propostas foram, ou não, bem-sucedidas. Com os outputs retirados da análise dos defeitos internos e externos foi elaborado o Plano de Controlo, que inclui a listagem de controlos necessários para se conseguir prever a qualidade do novo produto.



**keywords**

Quality, APQP, process capability, automotive industry, quality control, quality improvement, defects prevention.

**abstract**

This project arise from the need to build a multidisciplinary team including a quality responsible for a product development. The product is a metallic frame of a rear backrest from a automobile.

The method used for the product development was the *Advanced Product Quality Planning*. This concept is widely used in the automotive sector. With the aim to better understand the problems that can occur with the new product, It was decided to analyse a product made in the internship site similar in terms of process, and another one produced in another plant from the same Group resembling in terms of design.

There were used some quality toolds to explore the problems existing on the plant and there were analysed some actions made to comprove if they really improved the process. With the outputs of this analysis the control plan containing the list of controls required to predict the quality of the new product was built.



## ÍNDICE

CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO .....	1
I.1. Evolução do Setor Automóvel .....	2
I.2. Enquadramento do tema .....	4
I.3. Definição dos objetivos a atingir .....	6
I.4. Estrutura do relatório .....	7
CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA .....	9
II.1. Gestão da Qualidade .....	9
II.1.1. Desenvolvimento de um novo produto.....	10
II.1.2. <i>ISO/TS 16949:2000</i> .....	12
II.1.3. Algumas ferramentas de Controlo, Prevenção e Melhoria da Qualidade.....	12
II.1.3.1. Lista de Características Especiais ( <i>Key Product Characteristics - KPC</i> ) .....	13
II.1.3.2. Análise de Modos de Falha e Efeitos .....	13
II.1.3.3. Plano de Controlo .....	14
II.1.3.4. Trabalho Padronizado ( <i>Standardized Work – SW</i> ) .....	14
II.1.3.5. <i>Poka-Yoke</i> .....	14
II.1.3.6. Auto Controlo .....	15
II.1.3.7. 1ª Peça OK.....	15
II.1.3.8. Contentores Vermelhos .....	15
II.1.3.9. Retrabalho Controlado.....	16
II.1.3.10. Capacidade do processo.....	16
II.1.3.11. Ferramentas básicas de melhoria da Qualidade.....	17
CAPÍTULO III – APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	19
III.1. ESA no mundo .....	19
III.1.1. ESA em Portugal.....	21
III.1.2. ESA Aveiro (ESA Av) .....	21
CAPÍTULO IV – UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA APQP NO DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO.....	23
IV.1. Metodologia no desenvolvimento de um novo produto.....	23

IV.2. Definição do Projeto .....	28
IV.3. Desenvolvimento do Produto.....	30
IV.3.2. Análise dos Desenhos .....	30
IV.3.2.1. Encosto de Trás 100%.....	30
IV.3.2.2. Análise do Encosto de Trás 40% e 60% .....	36
IV.3.2.3. Relação entre os produtos .....	38
IV.3.3. AMFE de projeto .....	39
IV.4. Desenvolvimento do Processo .....	46
IV.4.1. Fluxo de Processo .....	46
IV.4.1.1. Fluxo de Processo ET ABC 100% .....	46
IV.4.1.2. Fluxo de Processo ET ABC 40% e 60% .....	48
IV.4.2. AMFE do Processo .....	50
IV.4.2.1. Análise Defeitos Internos e Externos e capacidades do processo ET ABC 100%.....	50
IV.4.3. Plano de Controlo (PC).....	64
IV.5. Etapas Futuras.....	73
IV.8. Outras etapas.....	74
V. CONCLUSÃO .....	77
BIBLIOGRAFIA.....	79
ANEXOS.....	83
Anexo I – Organigrama ESA Av .....	83
Anexo II - Registos especificações de segurança regulamentação 2015 .....	84
Anexo III - Registos da especificação de 23.9 antes da intervenção.....	84
Anexo IV - Registos das especificações funcionais 2015 .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Qualidade, ações de mercado e retorno em investimento. (adaptado de Juran Institute, Inc., 1990) .....	1
Figura 2 - Percentagem de automóveis de passageiros e comerciais produzidos por área geográfica.....	3
Figura 3 - Fases de desenvolvimento de um novo projeto .....	5
Figura 4 Ciclo de vida de um produto.....	5
Figura 5 Fases de conceção de um novo produto.....	10
Figura 6 – Fases do Sistema <i>Advanced Product Quality Planning</i> (adaptado de Bobrek & Sokovic, 2005) .....	11
Figura 7 – Sequência de passos no controlo de um parâmetro e relação com ciclo de Deming (adaptado de Gryna, 2001) .....	13
Figura 8 – Relação entre o Ciclo de Deming e o Autocontrolo (Gryna, 2001).....	15
Figura 9 – Localização, no automóvel, dos produtos correspondentes a cada setor .....	19
Figura 10 – Contribuição de cada setor de negócio nas vendas totais .....	19
Figura 11 – Percentagem de vendas a cada cliente final do Grupo por área geográfica .....	20
Figura 12 Estrutura da área de Qualidade .....	22
Figura 13 – Método APQP e relação com as várias partes envolvidas .....	23
Figura 14 – Descrição pormenorizada de cada fase do método APQP .....	25
Figura 17 - Fluxo de materiais e requisitos entre os vários <i>stakeholders</i> .....	29
Figura 16 Previsão anuais de vendas.....	29
Figura 18 - Previsão de quantidades produzidas atualizadas .....	30
Figura 20 – Vista superior do subconjunto tubo e casquilhos do ET ABC 100% .....	32
Figura 19 – Representação do ET ABC 100% .....	31
Figura 21 – Vista Lateral do subconjunto tubo e casquilhos do ET ABC 100% .....	33
Figura 22 – Vista frontal do subconjunto suporte .....	34
Figura 23 – Vista do corte D-D no subconjunto suporte trancador direito e <i>canon</i> do ET ABC 100% .....	34
Figura 24 – Força de destrancar o suporte trancador esquerdo e direito em dois sentidos .....	35
Figura 25 – Desenho do subconjunto <i>gousset</i> , eixo <i>pivot</i> e arame <i>isofix</i> com especificação de força.....	35
Figura 26 – Representação do ET ABC 40% .....	36
Figura 27 Especificações dos cordões de soldadura do interior do subconjunto <i>gousset</i> interior, arame <i>isofix</i> , eixo <i>pivot</i> e pata do ET ABC 40% .....	37
Figura 28 – Representação do ET ABC 60% .....	38
Figura 29 – Representação dos três encostos e representação por subconjuntos em comum, semelhantes ou novos.....	39

Figura 30 – Zonas visíveis do ET ABC 40% .....	42
Figura 31 – Zonas visíveis do ET ABC 60% .....	43
Figura 32 – Primeira proposta de embalagem do ET ABC 40% .....	43
Figura 33 – Proposta de embalagem do ET ABC 60% .....	44
Figura 34 – Riscos nas zonas visíveis após ensaios de contentorização .....	44
Figura 36 – Segunda proposta de embalagem do ET ABC 40% (2ª camada).....	45
Figura 35 – Segunda proposta de embalagem do ET ABC 40% (3ª camada).....	45
Figura 37 – Segunda proposta de embalagem do ET ABC 40% (1ª camada).....	45
Figura 38 – Fluxo de processo do ET ABC 100% .....	48
Figura 39 – Fluxo de processo do ET ABC 40% .....	49
Figura 40 – Fluxo de processo do ET ABC 60% .....	50
Figura 41 - Diagrama de Pareto dos defeitos internos da soldadura MAG.....	51
Figura 42 – Localização dos cordões de soldadura - Visão frontal.....	53
Figura 43 – Localização dos cordões de soldadura - Cortes R-R e Q-Q.....	54
Figura 44 - Localização dos cordões de soldadura - Visão traseira .....	54
Figura 45 – Evolução ao longo do tempo do número de defeitos no cordão 103 .....	55
Figura 46 – Evolução ao longo do tempo do número de defeitos no cordão 102 .....	55
Figura 47- Evolução ao longo do tempo do número de defeitos no cordão 110.....	56
Figura 48 – Evolução ao longo do tempo do número de defeitos no cordão 122 .....	56
Figura 49 – Evolução ao longo do tempo de defeitos no cordão 121 .....	56
Figura 50 – Ajuda visual para instrução de trabalho do ET ABC 100% .....	58
Figura 51 - Gráfico das capacidades do processo das características de segurança e regulamentação .....	59
Figura 52 - Capacidades do processo das características funcionais .....	63
Figura 53 – Capacidades do processo abaixo do especificado para características funcionais... 63	
Figura 54 – Metodologia a usar na aprovação de peças consoante histórico da peça.....	74



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Quantidade de automóveis produzidos por categoria e por país da União Europeia ...	3
Tabela 2 – Descrição do Plano de Aprovação do Produto e Processo .....	27
Tabela 3 – Previsão da quantidade diária produzida .....	29
Tabela 4 AMFE de projeto para o ET ABC 40% e 60% .....	41
Tabela 5 – Balanceamento das propostas de embalagem do ET ABC 40% e 60% .....	46
Tabela 6 – Relação entre defeitos nos cordões de soldadura e possíveis causas .....	52
Tabela 7 – Sequência de soldadura do posto MAG .....	53
Tabela 8 – Reclamações do cliente .....	57
Tabela 9 – Resultados ao teste da normalidade (K-S Lillefors) da distribuição .....	60
Tabela 10 – Teste F à diferença de variâncias antes e depois das intervenções.....	61
Tabela 11 Teste T à diferença de médias .....	62
Tabela 12 - Capacidades do processo antes e depois das intervenções.....	62
Tabela 13 – Plano de Controlo para o ET ABC 40% e 60% .....	65



## **SIGLAS E ACRÓNIMOS**

AMB – *Assembly* (cliente direto da empresa);

AMFE – Análise de Modos de Falha e Efeitos;

APQP – *Advanced Product Quality Planning*;

CM – *Car-Maker* (cliente final da empresa);

ESA Av – Empresa do Setor Automóvel em Aveiro;

ET - Encosto de trás

ABC – Nome do projeto da ESA Av;

DFG – Nome do projeto produzido numa outra fábrica do grupo ESA;

GAP – Grupo Autónomo de Produção;

PPAP – Processo de Aprovação de Peças de Produção;

PPMs – Partes por milhão;

UAP – Unidade Autónoma de Produção.



## CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

O mundo empresarial tem vindo a sofrer alterações que se têm tornando cada vez mais visíveis e cruciais na definição de estratégias de negócio. A qualidade do produto tem vindo a ganhar proeminência nas preferências e escolhas do cliente, tornando-se deste modo na prioridade de muitas organizações. Vários fatores têm sido considerados na definição das condições de negócio (Gryna, 2001). Fatores incluídos nesta lista são:

1- Competição – Tendo-se tornado o mercado cada vez mais competitivo. Atualmente um preço mais alto pode-se tornar uma fragilidade e não um indicativo de maior qualidade.

2- Organizações focadas nos clientes – O papel da qualidade deixou de ser um mero cumprimento de especificações, convertendo-se num fator para a satisfação e lealdade do cliente.

3- Melhorar a performance – Elementos como qualidade, tempo de ciclo, custo e lucro tornaram-se interdependentes. As organizações têm como objetivo alcançar a relação mais favorável destes quatro fatores, aplicando, assim, o conceito de excelência no negócio.

Segundo Gryna (2001), a lealdade e satisfação de um cliente é adquirida com as funcionalidades e baixo número de defeitos no produto oferecido. As funcionalidades referem-se à qualidade do *design*, uma melhoria nesta área implica maiores custos, mas mais produtos vendidos. Contrariamente a este ponto, a diminuição do número de defeitos leva a uma diminuição de custos pois diminui a quantidade de sucata e reclamações (Figura 1).

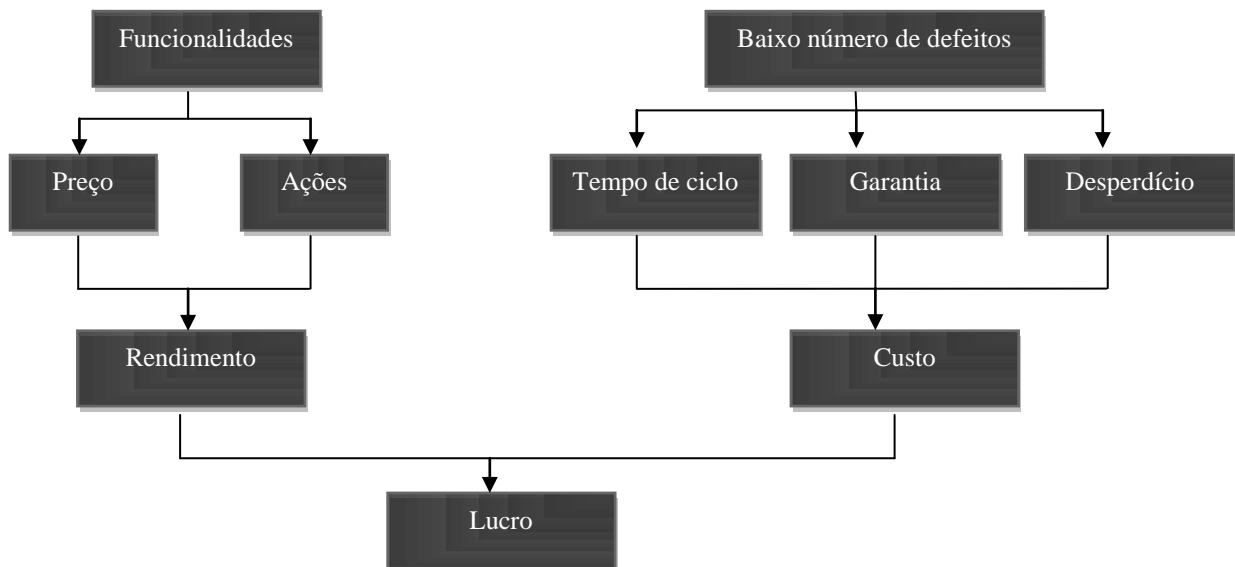


Figura 1 - Qualidade, ações de mercado e retorno em investimento. (adaptado de Juran Institute, Inc., 1990)

Em todas as áreas industriais é importante alcançar os elementos referidos anteriormente. No entanto, num setor altamente competitivo e exigente como é o setor automóvel, estes são cruciais na determinação do sucesso ou fracasso da empresa. A procura pela Gestão da Qualidade Total terá que ser algo contínuo, de modo a ser a empresa a controlar a conformidade dos produtos, a quantidade de sucata e as peças retrabalhadas.

São necessárias a realização de várias análises para ser possível o controlo do produto e processo desde a fase de desenvolvimento do produto até à sua produção em série. Estas análises devem ser executadas por várias áreas da empresa, desde a Qualidade, Produção, Logística e Engenharia de modo a existir uma gestão cuidada de toda a informação com o intuito de alcançar um bem comum, o sucesso de determinado produto da empresa.

O presente projeto, realizado numa Empresa do Setor Automóvel em Aveiro – ESA Av<sup>1</sup>, na área da Qualidade, consistiu na análise de um produto muito semelhante a um novo produto que se pretendia desenvolver, tendo em atenção os problemas associados ao processo de produção desse produto e os eventuais problemas que possam vir a surgir com as alterações nas especificações referentes ao novo produto. Para tal, a estagiária integrou a equipa responsável pelo desenvolvimento do produto em questão.

### **I.1. Evolução do Setor Automóvel**

O aumento da procura de meios de transporte tem levado a uma constante corrida pela inovação na indústria automóvel. Razões como as tendências tecnológicas incertas, longos ciclos de desenvolvimento, grandes investimentos de capital a nível de desenvolvimento, mercados saturados e constantes alterações nas leis referentes a segurança e meio ambiente leva a que este setor esteja em constantes transformações (Dodourova & Bevis, 2014). A indústria automóvel ao longo do século XX tem vindo a evoluir tornando-se uma referência para todos os setores da indústria (Pires & Sacomano, 2008).

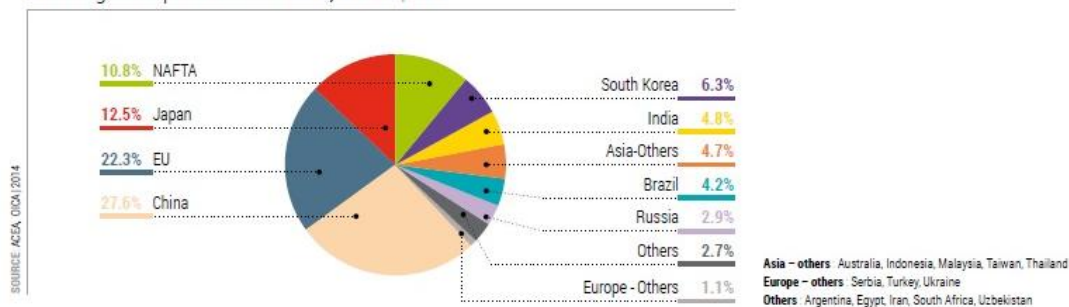
Como é possível observar na Figura 2 a União Europeia representa cerca de 22.3% da produção mundial de veículos ligeiros e cerca de 7.2% de veículos comerciais (*European Automobile Manufacturers Association*, 2013).

Em 2013 foram produzidos na União Europeia cerca de 14.6 milhões de carros ligeiros e 1.5 milhões de carros comerciais, valores representados na Tabela 1 (*European Automobile Manufacturers Association*, 2013). É possível ainda observar na tabela que Portugal produziu cerca de 150 mil carros ligeiros e comerciais em 2013.

---

<sup>1</sup> Por razões de confidencialidade o nome da empresa é fictício.

Passenger car production – world, % share | 2013



Commercial vehicle production – world, % share | 2013

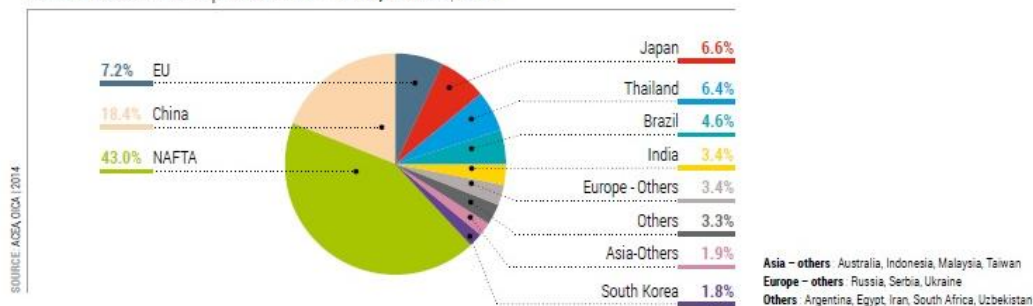


Figura 2 - Percentagem de automóveis de passageiros e comerciais produzidos por área geográfica

Tabela 1 - Quantidade de automóveis produzidos por categoria e por país da União Europeia

			+	TOTAL
AUSTRIA	146,566		19,862	166,428
BELGIUM	449,600		30,564	480,164
CZECH REPUBLIC	1,128,473		4,458	1,132,931
FINLAND	8,000			8,000
FRANCE <sup>2</sup>	1,460,000	280,000	n.a.	1,740,000
GERMANY <sup>2</sup>	5,439,904	278,318	n.a.	5,718,222
HUNGARY	220,000		2,400	222,400
ITALY	388,465	236,040	33,702	658,207
NETHERLANDS <sup>2</sup>	0	0	0	0
POLAND	475,000	104,055	4,203	583,258
PORTUGAL	109,698	40,918	3,400	154,016
ROMANIA	410,959		38	410,997
SLOVAKIA	975,000			975,000
SLOVENIA	89,395	4,339		93,734
SPAIN	1,719,700	419,954	23,684	2,163,338
SWEDEN <sup>2</sup>	161,080		n.a.	161,080
UNITED KINGDOM	1,509,762	68,823	18,848	1,597,433
EU <sup>1</sup>	14,616,202	1,429,748	137,774	16,183,724

## I.2. Enquadramento do tema

Empresas de alta tecnologia competem num ambiente caracterizado por ciclos de desenvolvimento do produto relativamente pequenos, grande incerteza no mercado e grandes investimentos em investigação e desenvolvimento (Qian & Li, 2003).

Apesar da inovação e agilidade contribuir para a competitividade a curto prazo, muitos autores afirmam que, a longo prazo, estas empresas têm que adotar práticas de gestão adequadas para sustentar esta vantagem (Pfeffer, 2001; Powell, 1993) referiu que competências e recursos específicos como a gestão da qualidade são a explicação mais adequada para variações entre empresas de alta tecnologia quando comparado com as menos tecnológicas.

Para sobreviver a este ambiente competitivo estas organizações necessitam de ter gestores altamente competentes, de utilizar eficazmente os colaboradores, de integrar as atividades funcionais e de criar uma filosofia que cultive a aprendizagem e a busca pela inovação dentro da organização (Adler, 1987; Rogers, 2001).

Relatórios e dados de qualidade podem contribuir para o aumento da *performance* nas empresas tecnológicas, facultando informação relativamente à *performance* dos fornecedores e da própria empresa a nível dos requerimentos dos clientes (Sohal & Lu, 1998).

Ohno and Shingo desenvolveram no Japão o *Toyota Production System* que iria servir de base para o conceito *lean manufacturing* (Spear & Bowen, 1999). Várias técnicas foram usadas para sustentar este sistema como o *Kaizen*, *Poka-Yoka*, instruções de trabalho e organização do local de trabalho (que mais tarde iria evoluir para o conceito 5S<sup>2</sup>) (Bicheno, 2000).

As vantagens da implementação destas ferramentas são a redução do inventário e dos *lead times*, melhoria na *performance* na entrega dos produtos, maximização da produtividade e qualidade e, melhoria na utilização do espaço e recursos (Pavnaskar, Gershenson & Jambeker, 2003).

A filosofia *lean* desafiou a mudança do conceito de produção em massa no setor automóvel, criando alterações significativas no *trade-off* entre produtividade e qualidade, obrigando a modificação de diversos processos para contrariar a tendência de produção de grandes volumes repetitivamente no ambiente industrial para volumes inferiores mas com garantia de qualidade (Holweg, 2007).

Esta mudança no mundo industrial, aliada à tendência de diminuição deste setor desde a quebra financeira em 2008, levou à completa reformulação de estratégias das empresas desta área. Todos estes fatores contribuem para um mercado cada vez mais competitivo forçando as empresas a atingirem níveis de excelência na qualidade dos produtos e em todos os processos produtivos.

É ainda possível referir que a Gestão da qualidade com a contribuição de todos os colaboradores é um fator de extrema importância no sucesso nas organizações desta área. A qualidade, apesar de poder constituir uma área única no seio da organização, é algo que deve ser implementado, praticado e gerido por toda a fábrica. Esta gestão tem que ser feita desde o desenvolvimento do produto até à produção para venda, passando pela escolha acertada dos fornecedores e produção de protótipos para validação.

Em vários tipos de sectores industriais é importante criar uma relação de confiança e lealdade para com o cliente e fornecedores, sendo que no setor automóvel isto se torna crucial, dado que a duração de um projeto é de aproximadamente cinco anos, apesar das especificações

---

<sup>2</sup> Seiri (Utilização), Seiton (Organização), Seiso (Limpeza), Seiketsu (Padronizar) e Shitsuke (Disciplina).



poderem sofrer alterações. A mudança de fornecedores e de cliente(s) é algo raro e complicado havendo, portanto, a necessidade da criação de uma relação de longo prazo.

Este estudo realizou-se numa empresa do setor automóvel, ESA (Empresa do Setor Automóvel), sediada no distrito de Aveiro e que produz estruturas metálicas para assentos e encostos dos automóveis.

No presente trabalho surgiu a oportunidade da participação no desenvolvimento de um novo produto, mais especificamente na produção de um encosto. Houve a necessidade de dar seguimento desde o nascer do projeto até uma fase de produção, lidando com todo o planeamento, controlo e possíveis melhorias no sistema, o que permitiu à autora adquirir uma visão geral do projeto em todas as áreas e aprofundar conceitos e técnicas da qualidade com a sua aplicação a um caso prático.

Com a entrada deste produto seria necessário alterações de máquinas de fabrico e, conseqüentemente, processos, *layout*, *lead time*, etc. Foi por isto importante a elaboração de um conjunto de etapas semelhante às efetuadas num projeto novo. Constituiu-se uma equipa com pessoas das áreas de Engenharia, Qualidade, Logística, UAP 4 (Unidade Autónoma de Produção 4)<sup>3</sup>, *ESA Perfection System*<sup>4</sup> e Investigação e Desenvolvimento.

É imprescindível, no início de cada projeto, a realização de uma série de passos para poder mostrar evidências ao cliente que, tanto a empresa (como os seus fornecedores têm capacidade para satisfazer as suas necessidades na hora certa, na quantidade certa, com a qualidade pretendida e a um preço razoável.

Este projeto constituiu uma oportunidade de passar por várias fases de desenvolvimento de um projeto e do respetivo ciclo de vida de um produto (ver Figura 3 e Figura 4).



Figura 3 - Fases de desenvolvimento de um novo projeto



Figura 4 Ciclo de vida de um produto

Existe uma correlação visível entre estas duas Figuras. Na fase de Desenvolvimento, a área de Investigação e Desenvolvimento realiza os desenhos e processos necessários em conformidade com as especificações pedidas pelo cliente. Na fase de Protótipo produzem-se as primeiras peças para testar a viabilidade do produto e processo. Estas não estão, no entanto, disponíveis para venda ao cliente. A terceira fase onde já começam a ser vendidas peças ao cliente é chamada de Pré-série, na qual o produto está a ser introduzido no mercado começando a crescer e a estabilizar convergindo desde modo para a Fase de Produção em Série. É nesta fase que atinge a maturidade, o ponto mais alto a nível de vendas, à que se segue a fase de declínio onde a quantidade de vendas diminui drasticamente, começando-se a produzir maioritariamente peças para garantias.

<sup>3</sup> A fábrica está dividida por UAPs consoante os processos e produtos.

<sup>4</sup> Área responsável pelos layouts, balanceamento da linha, etc.

Só foi possível, a nível deste trabalho, contribuir para as duas primeiras fases de desenvolvimento do projeto, ficando responsável por todos os passos referentes à área de Qualidade, incluindo a garantia de que todas as tarefas são realizadas nos prazos definidos e sempre em prol do cliente.

### **I.3. Definição dos objetivos a atingir**

Foi desenvolvido um sistema de Planeamento antecipado da qualidade do produto (*Advanced Product Quality Planning – APQP*). Para este desenvolvimento foi necessária a constituição de uma equipa multidisciplinar, onde a qualidade realiza ou participa na realização do Plano de controlo, da Análise de Modos de Falhas e Efeitos (AMFE), análise dos desenhos (produto final, matérias primas e subconjuntos) e dos fluxos dos processos, e onde constam todos os passos necessários para controlar um produto ao longo da sua produção (desde a chegada das matérias-primas até o embalamento do produto final). É ainda importante fazer referência a que todos estes documentos não são estáticos, alterando-se ao longo das fases de desenvolvimento do projeto, ou mesmo dentro destas consoante os problemas que surgirem na produção de peças. Achou-se por bem este ser o foco do projeto devido ao facto de permitir uma visão geral de todo o processo de desenvolvimento e de envolver a utilização de várias ferramentas da Qualidade e de gestão de projetos.

As metas a serem atingidas são a realização das tarefas necessárias nos prazos definidos com o menor desperdício de matérias-primas (no que diz respeito por exemplo à deteção do defeito o mais cedo possível), através de um controlo contínuo e constante, da melhoria de todos os passos, da redução de riscos de falhas e da deteção de defeitos antes da sua chegada aos clientes. A perceção, em termos práticos, das vantagens das ferramentas de qualidade para a melhoria contínua na empresa foi também uma meta importante para este trabalho.

O projeto incidiu na UAP4 que contém três GAPs (Grupos Autónomos de Produção)<sup>5</sup>. O novo produto irá pertencer à GAP Soldadura e Montagem do Encosto de Trás do projeto ABC<sup>6</sup> (ET ABC).

O produto atual é a estrutura metálica de encosto de trás 100% (apenas um produto – ET ABC 100%) e o novo, com a alteração das especificações, será um encosto de trás constituído por duas partes, uma que diz respeito ao encosto (ET ABC 40%) do passageiro à direita e outra parte que é o lugar central e esquerdo (ET ABC 60%).

A empresa irá passar a produzir cerca de 95% do novo produto, e apenas 5% que continuará para o produto com as especificações antigas.

Ao longo das etapas do sistema APQP foram feitas analogias com o produto já fabricado na empresa e com outro muito semelhante produzido noutra fábrica do grupo ESA. Foi analisado todo o processo e o produto encosto de trás (ET) 100% e, posteriormente, do encosto de trás 40% e 60%, analisado os defeitos internos e externos e as capacidades do processo do ET 100% para perceber os modos de falha comuns ao novo produto. Realizou-se, também, um Plano de Controlo para o novo produto que se espera venha a permitir atingir um número de partes por milhão (PPMs) a nível de defeitos o menor possível e que a capacidade do processo seja satisfatória em todos os pontos, principalmente nos de segurança e regulamentação.

---

<sup>5</sup> Cada UAP pode conter várias GAPs consoante os produtos e processos nela produzidos.

<sup>6</sup> Por razões de confidencialidade o nome do projeto é fictício.

#### I.4. Estrutura do relatório

Ao longo deste relatório foi descrito todo o trabalho necessário para o desenvolvimento de um produto utilizando o método APQP.

No Capítulo I foi feita uma breve descrição do setor onde está inserida a empresa, o setor automóvel, feito um enquadramento do tema onde é descrita a razão e intuito do estágio para que, ainda neste capítulo fossem definidos os principais objetivos a atingir no final do trabalho.

No Capítulo II referem-se alguns fundamentos teóricos que servirão de base a uma melhor compreensão do trabalho desenvolvido na prática. São abordados, entre outros, temas como algumas das diferenças entre dois dos métodos mais conhecidos no desenvolvimento de um novo produto, o *Design for Six Sigma* e o *Advanced Product Quality Planning*, alguns conceitos importantes relativamente à Gestão da Qualidade e a norma utilizada no setor automóvel, *ISO/TS 16949*.

No Capítulo III é descrito o Grupo ESA no mundo, em Portugal e na Região de Aveiro onde foi realizado o estágio. Nesta secção é possível encontrar os quatro setores de mercado onde o grupo atua e a filosofia e os valores que regem os colaboradores.

A aplicação prática do método APQP é apresentada no Capítulo IV. Começa-se por descrever a metodologia adaptada à empresa e a explicação de todos os pontos. O método é desenvolvido ao longo de seis grandes fases. A Definição do Projeto é a fase inicial, sendo realizada pela administração e, por isso, foi apenas descrita teoricamente e foram definidos os principais *outputs* desta fase.

Sabendo que existe um produto muito semelhante ao ET ABC 40% 60% a nível de *design*, o ET DFG<sup>7</sup> 40% e 60% que é produzido numa fábrica do grupo ESA na Europa, e outro produto idêntico a nível de processo, o ET ABC 100% que é produzido na fábrica onde se realiza o estágio foi realizado um estudo sobre os problemas em ambos. Foi a nível do desenvolvimento do produto estudado os modos de falha a nível de *design* do ET DFG 40% e 60% através da AMFE de projeto; como não foi possível ter acesso aos desenhos do ET DFG 40% e 60% e de ser mais vantajoso utilizar um produto que pudesse visualizar fisicamente foram utilizados os do ET ABC 100% de modo a perceber as semelhanças e diferenças a nível de produto. Foram, ainda nesta etapa, descritos os testes efetuados para definir a forma de embalar os novos produtos e qual o contentor mais adequado com os *outputs* da AMFE de projeto.

Na segunda fase do método APQP, Desenvolvimento do Processo onde foi primeiramente comparado os processos do ET ABC 100%, 40% e 60%. Para perceber os modos de falha nos novos produtos que serviriam de *input* para a AMFE de processo, foram estudados os defeitos detetados internamente, externamente e as capacidades do processo para conseguir filtrar aqueles que serão comuns ao novo produto para implementar os controlos e prevenções necessários. Os *outputs* aqui obtidos servirão de base para a realização do Plano de controlo e das instruções de trabalho.

As restantes três etapas do método APQP não foram possíveis de acompanhar em fase de estágio e por isso foi apenas descrito teoricamente o que seria necessário fazer a nível da fase da Produção e Pré-série, Lançamento do Produto e Produção em série.

Paralelamente a estes processos, e para garantir a fiabilidade do produto ao cliente, o fornecedor da ESA tem que submeter um conjunto de documentos que comprovem que tem capacidade de fornecer um produto nas quantidades, qualidade e no período de tempo requerido. Este processo de análise encontra-se descrito no ponto Outras Etapas.

Por fim, no Capítulo V, sumariaram-se todas as principais vantagens da utilização deste método, e benefícios da análise de produtos e processos com algumas semelhanças, de modo a

---

<sup>7</sup> Por razões de confidencialidade o nome do projeto é fictício.

identificar e analisar os modos de falha e controlos necessários e obter uma visão geral dos métodos de controlo utilizados na empresa.

## CAPÍTULO II – REVISÃO DA LITERATURA

### II.1. Gestão da Qualidade

O conceito de qualidade tem sido definido de formas diferentes por vários autores e ao longo do tempo. Uma definição refere-se às características que tornam um objeto (um produto) adequado para um determinado uso (Giaccio, Canfora, & Del Signore, 2013; Kara, 2005a). Crosby (1980) definiu o conceito de "qualidade" como "conformidade com os requisitos", apontando para a necessidade de avaliação da conformidade para assegurar que o produto está (ou não) em conformidade com os requisitos especificados.

A gestão da qualidade pode ser definida como uma filosofia holística que luta pela contínua busca de melhoria em todas as funções da organização (Kaynak & Hartley, 2005). A Gestão pela Qualidade Total (TQM) requer uma mudança cultural (Harber, Burges & Barclay, 1993; Abraham, Fisher & Crawford et al, 1997; Guilhon, Martin, Weill, 1998).

A implementação de práticas de gestão da qualidade melhora a performance da empresa através da melhoria a nível operacional, reduzindo deste modo os custos e, conseqüentemente, aumentando as vendas e a cota de mercado (Sousa & Voss, 2002). Esta gestão interna é também a causa da diminuição de desperdícios, diminuindo o retrabalho e sucata, aumentando a produtividade e eficiência, permitindo assim, à empresa, oferecer preços mais baixos, aumentar as vendas e o lucro (Handfield, Ghosh, & Fawcett, 1998; Deming, 1986; Maani, Putterill, & Sluti, 1994; Reed, Lemak, & Montgomery, 1996).

Os fatores chave para a TQM são os seguintes:

- Abordagem baseada no cliente – Envolvimento dos clientes no desenvolvimento do produto ou serviço (Ahire, Golhar & Waller., 1996; Powell, 1995);
- Liderança e compromisso de gestão – Aceitação da responsabilidade sobre a qualidade pela gestão de topo, participação nas tentativas de melhoria do nível de qualidade, definição de objetivos de qualidade e um bom planeamento de qualidade (Saraph, Benson, e Schroeder, 1989);
- Planeamento da qualidade;
- Gestão baseada em factos;
- Melhoria contínua – Constante revisão dos processos operacionais e administrativos de modo a encontrar possíveis melhorias de modo a servir o cliente de modo mais eficiente (Gatewood & Riordan, 1997);
- Gestão dos recursos humanos – Sublinha a importância de um objetivo de qualidade comum a todos os colaboradores (Olian & Rynes, 1991; Saraph, Benson, e Schroeder, 1989), requer a partilha de informação entre os membros, tomada de decisão colaborativa, e concordância nas medidas de desempenho que são usados para avaliar a qualidade do trabalho;
- Aprendizagem - Formação estatística e no contexto de qualidade de produto para todos os operadores (Saraph, Benson, e Schroeder, 1989);
- Gestão dos processos – Uso do controlo estatístico de processos, manutenção preventiva, autocontrolo por parte dos operadores (Saraph, Benson, e Schroeder, 1989);
- Boa cooperação com os fornecedores – Menos fornecedores dos quais sejamos dependentes, confiança no controlo de processo do fornecedor, política de compras baseada na qualidade e não no preço, colaboração com o fornecedor no desenvolvimento do produto (Saraph, Benson, e Schroeder, 1989)

### II.1.1. Desenvolvimento de um novo produto

O desenvolvimento de um novo produto ou serviço é uma atividade multidisciplinar que requer a contribuição da maioria das áreas de uma organização, independentemente de se tratar apenas de uma melhoria de um novo produto já existente ou do lançamento de um conceito de produto totalmente novo. A falta de comunicação entre áreas e a carência de conhecimento dos vários *designs* do produto, do processo e das especificações requeridas pelo cliente fazem com que o período de desenvolvimento do produto seja longo e leve ao aparecimento de vários problemas de qualidade (Haque, Pawar & Barson, 2000).

O desenvolvimento de novos produtos tem como objetivo transformar uma oportunidade de mercado num produto disponível para venda com ciclos de desenvolvimento pequenos (Krishnan & Ulrich, 2001; Atuahene-Gima & Murray, 2007). Ciclos pequenos irão permitir às empresas uma rápida reação às constantes mudanças na procura e especificações do cliente (Hu & Bidanda, 2009). O processo inicia-se com o pedido do cliente de um produto com determinados requisitos, é de seguida desenvolvido todo o processo inerente ao produto para que se possa iniciar a produção e gerir a distribuição dos produtos entregando, deste modo, o produto requerido ao cliente (Hasan, Gao, Wasif & Iqbal, 2014). Este processo encontra-se resumido na Figura 5.



Figura 5 Fases de conceção de um novo produto

Não existe nenhum modelo específico que seja generalizado para todas as empresas e todos os produtos. No entanto, existe um conjunto de fatores que devem ser considerados como cruciais para o sucesso do produto (Holtzman, 2011), tais como boa qualidade do produto, baixo custo do produto, reduzido tempo de desenvolvimento do produto e um processo capaz de produzir peças conformes e com fiabilidade são cinco fatores que o autor Kidder (1981) considerou como fundamentais.

Existem várias metodologias que podem ser seguidas no desenvolvimento de um novo produto, destacando-se o *Design for Six Sigma* (DFSS) e o *Advanced Product Quality Planning* (APQP) (Bobrek & Sokovic, 2005; Kitson, J., 2011; Koziollec & Derlukiewics, 2011; Rambabu, Lenin, Bhaskar & Gnanavelbabu, 2013; Trappey & Hsiao, 2007).

O método DFSS baseia-se numa adaptação do ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve e Control*) para o ciclo DMADV (*Define, Measure, Analyse, Develop/ Optimize e Verify*). O ciclo DMAIC é, atualmente, extremamente reconhecido devido ao sucesso da sua implementação na melhoria de processos nas linhas de produção e dos produtos após saírem destas. A filosofia que lhe está subjacente (seis-sigma) visa atingir menos do que 3.4 defeitos por milhão de oportunidades (Brady & Allen, 2006; Fasser & Brettner, 2002). O ciclo DMADV inicia-se com a identificação de especificações que afetam a qualidade do produto, seguindo-se a sua ordenação consoante a sua relevância; é de seguida feita uma análise para perceber o modo como cada especificação pode falhar e as respetivas causas para que se possa definir com que frequência poderá ocorrer determinado erro. As atividades descritas anteriormente são realizadas durante as etapas *Define, Measure e Analyse*, servindo, os seus *outputs*, de *inputs* para as fases *Develop e Verify*.

O sistema APQP é baseado em cinco grandes fases que se subdividem numa série de etapas para que se inicie o projeto com a máxima fiabilidade possível, como se representa na Figura 6 (Bobrek& Sokovic, 2005). É uma metodologia estrutura que define e estrutura os passos necessários para assegurar que o produto satisfaz as especificações do cliente. O principal objetivo é de facilitar a comunicação entre todos os interessados de modo a assegurar que todos os passos são alcançados a tempo (AIAG – Advanced Product Quality Planning (APQP), 2008).

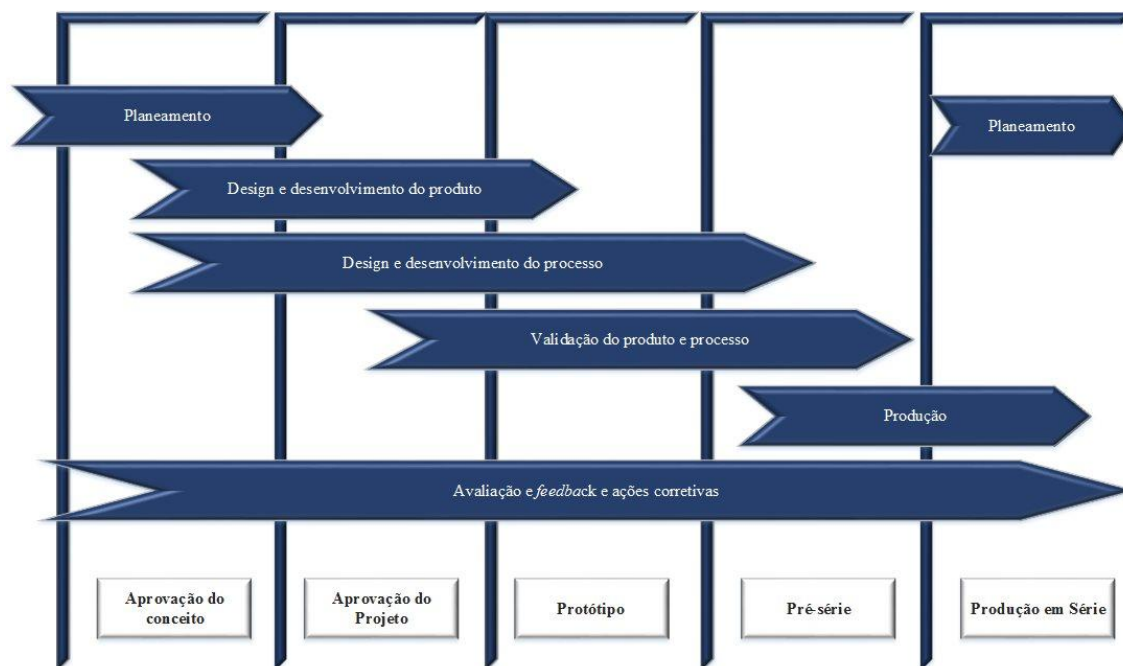


Figura 6 – Fases do Sistema *Advanced Product Quality Planning* (adaptado de Bobrek & Sokovic, 2005)

Na fase do **planeamento** definem-se prioritariamente as especificações em termos de *performance*, qualidade e custos de desenvolvimentos do produto para que se possa efetuar a aprovação do conceito do novo produto. Este capítulo define as necessidades e expectativas do cliente e, a sua ligação ao planeamento e programa de qualidade.

Já na fase de **desenvolvimento produto** são determinados quais os componentes e especificações mais técnicos a nível do produto. É nesta fase que são definidos os principais modos de falha a nível de *design*, através da AMFE de Projeto e produzidos os primeiros protótipos para possibilidade de validação e verificação do *design*. Estas duas etapas iniciam-se na fase da aprovação do produto, e terminam na fase do protótipo e na fase de pré-série, respetivamente.

Na fase do **desenvolvimento do processo** tem como principal objetivo definir e implementar meios necessários para que a empresa tenha um sistema de produção eficiente. Os principais outputs desta fase é o fluxo do processo, AMFE de processo, lançamento da de uma versão primária do plano de controlo, principais modos de análises do produto e processo e estudo preliminar das capacidades do processo.

Na quarta fase é **validade o produto e processo**, nesta fase é fundamental proceder-se à validação dos *gabarits*, calibres e modos de inspeção, matérias-primas, realização do plano de controlo, Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE) de processo, controlo estatístico do processo, planos de calibração, testes a nível de *performance*, entre outras. Só com este alinhamento a nível de tarefas é possível obter a aceitação do Processo de Aprovação da

Produção da Peça (PPAP) por parte do cliente. Ao longo de todas as etapas é necessário avaliar todas as ações e fornecer *feedback* para que as pessoas responsáveis possam aprovar ações corretivas (Rambabu, Lenin, Bhaskar & Gnanavelbabu, 2013; AIAG – Advanced Product Quality Planning (APQP), 2008).

Durante todo o ciclo de vida do produto, principalmente na fase de desenvolvimento do produto, é necessário que exista um alinhamento com um conjunto de princípios para que este seja bem-sucedido. É, desta forma, imprescindível: (i) a constituição de uma equipa multidisciplinar, podendo incluir fornecedores e clientes se necessário; (ii) uma definição correta dos objetivos a atingir consoante os requisitos, necessidades e expectativas do cliente; (iii) o estabelecimento de linhas de comunicação ao longo de toda a cadeia de abastecimento desde o fornecedor até ao cliente, podendo existir necessidade de reuniões periódicas; (iv) a formação das pessoas envolvidas para que cada um consiga contribuir positivamente para que se consiga a satisfação do cliente; (v) a elaboração de planos de controlo na fase de protótipo, pré-série e série onde são descritos os sistemas de controlo das peças e dos processos; (vi) uma definição clara do planeamento temporal de acordo com especificações do cliente; e (vii) a adoção de uma filosofia de melhoria contínua para que se consiga a resolução dos erros antes de chegarem ao cliente (Bobrek & Sokovic, 2005; Rambabu, Lenin, Bhaskar & Gnanavelbabu, 2013).

### **II.1.2. ISO/TS 16949:2000**

A *ISO* (*International Organization for Standardization*) é a federação mundial de organismos nacionais de normalização nacional. A *ISO Technical Specification (ISO/TS)* representa um acordo entre os membros do comité técnico. A *ISO/TS 16949* - Requisitos Específicos da aplicação da *ISO 9001:2000* para a Produção Automóvel ou de componentes para estes; foi preparada pelo *International Automotive Task Force (IATF)* e *Japan Automobile Manufacturers Association, Inc. (JAMA)*, com o suporte da *ISO/TC 176*, que dita os procedimentos para a Gestão e Garantia da qualidade.

O principal objetivo desta norma técnica é o de desenvolver um sistema de gestão de qualidade que promova a melhoria contínua, salientando a prevenção de defeitos e a redução da variabilidade e de desperdícios na cadeia de abastecimento. Esta norma também evita a existência de vários certificados e promove uma abordagem comum no sistema de gestão da qualidade na produção de automóveis ou de componentes para estes.

### **II.1.3. Algumas ferramentas de Controlo, Prevenção e Melhoria da Qualidade**

Com a industrialização e a produção em massa, a importância da implementação de métodos de controlo aumentou, começando a ser utilizados diferentes tipos de medições para as inspeções. O processo de controlo baseia-se na observação da performance e comparação com um *standard* e analisar as conclusões retiradas de modo a poderem-se definir ações de melhoria se as diferenças entre ambos forem consideradas significativas (Gryna, 2001).

O controlo envolve um conjunto de passos, sendo eles os representados na Figura 7. Estes passos convergem com o ciclo de Deming – “*Plan, Do, Check, Act; PDCA*” (Kondo & Kano, 1999). As três primeiras fases de definir o parâmetro a medir, definir o modo de medição e definir os *standards* de performance, o segundo passo refere-se à medição do parâmetro; a terceira fase é a avaliação onde se compara a medição efetuada com o valor objetivo; por último definem-se, caso necessário, ações de melhoria para o processo para que este seja fiável e não seja necessário controlar as peças na totalidade.



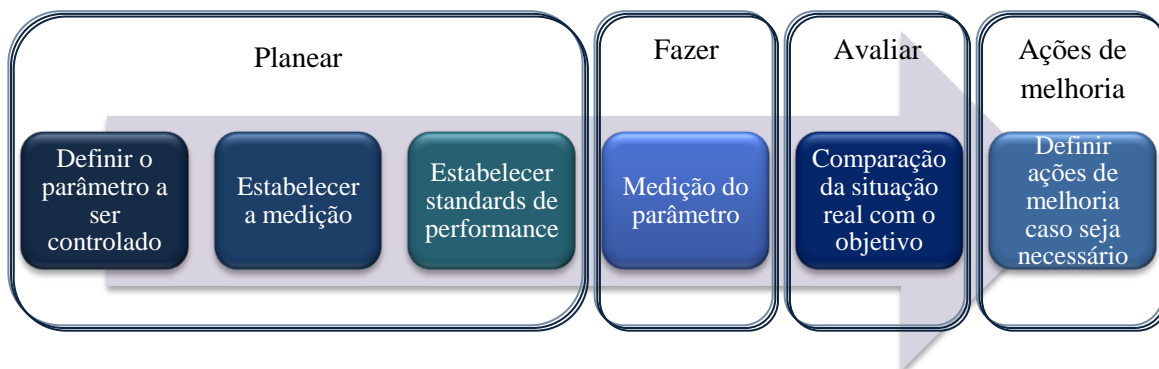


Figura 7 – Sequência de passos no controlo de um parâmetro e relação com ciclo de Deming (adaptado de Gryna, 2001)

O conceito de amostragem surgiu devido ao facto de controlar toda a quantidade de produtos, principalmente em empresas grandes ser algo insustentável e, por vezes, impossível. Este surgiu em Inglaterra no século XII, quando foram testadas uma ou algumas peças de um determinado lote e tiradas ilações relativamente ao lote inteiro estar ou não em conformidade com as especificações. Foi proposto, também, comparar o número de peças com defeito com o número total testado e, a partir da percentagem de peças não conformes, concluir relativamente ao lote total, aplicando medidas de controlo extra, no caso de ser necessário (Bergman & Klefsjö, 2010; Shahani, 1979).

### II.1.3.1. Lista de Características Especiais (*Key Product Characteristics - KPC*)

Este tipo de característica do produto ou parâmetro do processo pode afetar a segurança ou conformidade com os regulamentos, a funcionalidade, a *performance* ou o processamento do produto (ISO/TS 16949:2002). Esta lista de características pode ser obtida através de uma pesquisa de mercado, desenvolvimento da função de qualidade, revisão dos desenhos e análise da AMFE (Somerton, & Mliner, 1996) dos subconjuntos e produto final. Estas características terão que ser mencionadas na AMFE, plano de controlo e instruções de trabalho e fazer referência ao tipo de especificação (funcional ou segurança e regulamentação) (ISO/TS 16949:2002). A AMFE será brevemente abordado na secção seguinte.

Esta definição das características é uma forma de **identificar** as especificações que o cliente considera fundamentais.

### II.1.3.2. Análise de Modos de Falha e Efeitos

A Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE) é uma metodologia cujo *output* é um documento, ao qual também se chama AMFE e que é extremamente útil para identificar e quantificar os riscos preventivamente (Ko, 2013; Liu, Liu, & Liu, 2013). Este tem sido extremamente aplicado no planeamento da produção e *design* do produto (Almannai, Greenough, & Kay, 2008; Chen & Ko, 2009; Ekmekcioglu & Kutlu, 2012).

A AMFE avalia os riscos calculando o risco prioritário (*Risk Priority Number – RPN*), onde relaciona o fator a probabilidade de ocorrência (*Occurence - O*), severidade (*Severety - S*) e a probabilidade de a falha ser detetada antes de chegar ao cliente (*Detection - D*) (Chin, Wang, Poon, & Yang, 2009). Após avaliar estes três fatores numa escala entre 1 e 10, a empresa pode estabelecer um valor máximo para o RPN e analisar todos os modos de falha acima desse valor, ou começar por analisar os valores dos mais altos para os mais baixos. O processo de análise da

AMFE, a escolha de pontos a serem melhorados e a definição de ações são iterativos até se atingir o nível de risco aceitável para a empresa (Chen & Wu, 2013).

Esta ferramenta foca-se na **prevenção** de modos de falha e definição de planos de ações para **melhorar** o processo, diminuindo o seu risco.

### II.1.3.3. Plano de Controlo

O plano de controlo (PC) descreve os sistemas e processos requeridos para **controlar** o produto de modo a **prevenir** os modos de falha detetados na realização da AMFE. O PC deve ser realizado na fase de protótipo, pré-série e produção em série (ISO/TS 19649:2002).

O PC descreve as medidas dimensionais e os testes a serem realizados para avaliar a conformidade e *performance* de algumas das características especiais identificadas.

Este documento deve conter informações gerais como: (i) a referência do produto; (ii) instruções para controlar o produto e o processo, como as características especiais e os parâmetros do processo respetivamente; (iii) definição do método de amostragem, dimensão e frequência da amostra e do plano de reação em caso de não conformidade. O PC deve conter a informação mínima requerida no Anexo A referido na *ISO/TS 16949* e estar em conformidade com a fase do projeto em questão.

Para a realização deste documento são necessários *outputs* da AMFE do produto e de *design*, lista de KPC, recomendações retiradas de outros projetos, fluxograma do processo e requisitos dos clientes.

Este é um documento dinâmico, sendo que, sempre que uma falha é detetada, a análise de risco é revista e o PC é modificado. A alteração da frequência de medição, o tamanho da amostra ou os limites de controlo são algumas das alterações que podem ser efetuadas (Bettayeb, Bassetto & Sahnoun, 2014).

### II.1.3.4. Trabalho Padronizado (*Standardized Work – SW*)

Este documento contém instruções de trabalho pormenorizadas para os colaboradores e para todos os processos que possam ter impacto na qualidade do produto e deve ser acessível a todos os operadores no posto de trabalho. Este deve ter como *inputs* informações do plano de controlo (ISO/TS 16949). É analisado todo o processo para se determinarem as melhores práticas de trabalho, avaliando a sua eficácia para se poder documentar o método por forma a tornar-se acessível aos operadores. Este método vai permitir estabilizar o processo diminuindo a variação (Gitlow & Oppenheim, 1995).

A definição das instruções de trabalho devem ser seguidas rigorosamente para que seja possível **controlar** o processo e **prevenir** defeitos através da utilização destas mesmas práticas.

### II.1.3.5. *Poka-Yoke*

O *Poka-Yoke* é uma de muitas ferramentas *Lean* que visa alcançar a produção de zero defeitos. Baseia-se na implementação de um *design* das ferramentas de processos que não permita falhas, implementação de sensores e/ou outros métodos para **prevenir** a produção de peças não conformes, evitando, deste modo, os custos na implementação de inspeção para deteção, correção dos defeitos ou produção de sucata. Esta é, portanto, uma ferramenta que evita a ocorrência de defeitos e/ou permite que estes sejam detetados mais facilmente e rapidamente, no caso de ocorrerem. Assim, é possível evitar a incorporação de recursos em produtos com defeitos que, de outra forma, só seriam detetados no produto final ou mesmo no cliente.

### II.1.3.6. Auto Controle

O autocontrole refere-se à capacidade do operador de avaliar a conformidade de determinado produto e/ou processo no decorrer de determinada operação, no seu posto. O operador tem total **controle** na obtenção dos produtos finais podendo, portanto, ser responsabilizado pelos resultados (Gryna, 2001).

O objetivo deste tipo de controle é que em cada posto se previna que o defeito passe para o posto seguinte, assumindo o posto subsequente como se fosse o cliente.

Kondo e Kano (1999) admitiram que havia uma relação entre o processo de controle, o ciclo de Deming “*Plan, Do, Check, Act - PDCA*” e o conceito de auto controle. Estes autores referiram, também, que no controle da *performance* individual, na fase do “Fazer” se incluía outro ciclo de controle correspondendo ao autocontrole como se encontra representado na Figura 8.

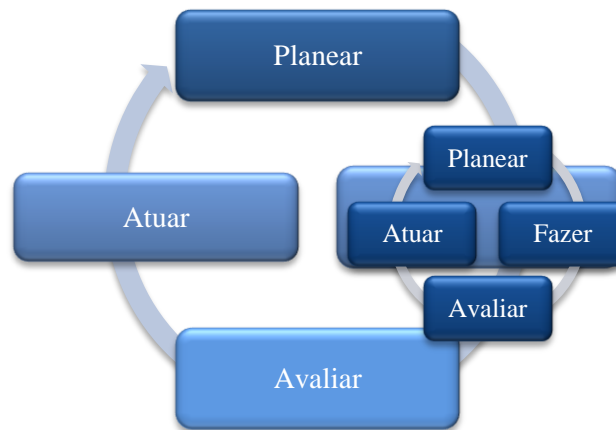


Figura 8 – Relação entre o Ciclo de Deming e o Autocontrole (Gryna, 2001)

### II.1.3.7. 1ª Peça OK

Encontrando-se o processo estável, podem-se tirar ilações de todas as peças produzidas a partir de uma amostra.

Por exemplo, no caso de uma ferramenta que é trocada no início de cada turno, pode verificar-se se a primeira peça produzida se encontra, ou não, conforme, e registrar o resultado. Em caso afirmativo deve-se continuar a produção e, em caso negativo, deve-se parar a produção e verificar todo o *stock* produzido desde a última validação positiva de modo a evitar que peças não conformes cheguem ao cliente. Esta ferramenta é útil para controlar as características críticas periodicamente, de modo a poder-se atuar imediatamente em caso de não conformidade, de impedindo que o defeito chegue ao cliente.

### II.1.3.8. Contentores Vermelhos

Mesmo estando implementados vários meios de controle dos produtos e processos, podem efetivamente ser produzidas peças não conformes.

É muito importante que aquando a ocorrência desta situação, se separem imediatamente as peças com defeito do fluxo normal das peças. A colocação de contentores vermelhos junto à linha de produção, permite aos operadores efetuarem esta separação de imediato. Esta prática também irá permitir que posteriormente se analisem as peças com defeito para se poderem tomar ações de modo a evitar que os defeitos em causa ocorram novamente. Este é um método

de **controle** das peças com defeito, **prevenindo** que esta continue no fluxo normal de peças, e permitindo também análise das peças para definição de ações de **melhoria**.

### II.1.3.9. Retrabalho Controlado

O retrabalho é uma operação que não acrescenta valor ao produto devendo, portanto, ser evitada. É, no entanto, por vezes, necessário retrabalhar um produto que apesar de ter um defeito este pode ser recuperado, voltando ao fluxo normal de produtos.

É de extrema importância existir uma distinção clara entre os defeitos que podem ou não ser recuperados. Estes são determinados através de estudos, balanceando o defeito, custos de sucatar a peça e as possíveis consequências advindas deste retrabalho. Uma prática adotar para **controlar** o retrabalho efetuado e **evitar** erros nestas situações, é a criação de uma lista com um conjunto de defeitos conhecidos e a referência se os produtos podem ou não ser retrabalhados nestas situações. Este documento é dinâmico, sendo atualizado sempre que novos tipos de defeitos são detetados.

### II.1.3.10. Capacidade do processo

A capacidade do processo é definida por Evans & Lindsay (2001) como sendo o intervalo entre o qual um determinado requisito varia, estando o processo produtivo sujeito apenas a causas comuns, ou seja, após a estabilização do processo. Analisando estes valores, é possível prever o comportamento de determinada especificação, podendo definir-se os equipamentos, os modos de controlo e a frequência necessários.

Um dos índices de capacidade de processos mais utilizado é o  $C_p$ , que é calculado através da Equação 1, sendo o LSE e o LIE, o limite superior e inferior de especificação, respetivamente,  $\sigma$  é o desvio padrão do processo.

$$C_p = \frac{LSE - LIE}{6\sigma} \quad (\text{Equação 1})$$

Esta medida não é muito eficaz pois apenas toma em consideração a variabilidade do processo e não incorpora informação sobre a sua média. Esta medida apenas caracteriza o valor potencial da capacidade do processo, que só corresponderá ao real no caso de este se encontrar centrado nas especificações. O índice  $C_{pk}$  representa o número de desvios padrões que o limite de especificação mais próximo se encontra da média (Ryan, 2011). Este calcula-se através da Equação 2, onde o CPS e o CPI representam a capacidade do processo superior e inferior, respetivamente.

$$C_{pk} = \min(CPS, CPI) \quad (\text{Equação 2})$$

$$C_{pkS} = \frac{LSE - \mu}{3\sigma} \quad (\text{Equação 3})$$

$$C_{pkI} = \frac{\mu - LIE}{3\sigma} \quad (\text{Equação 4})$$

O cálculo do  $C_{pk}$  relativamente ao  $C_p$  tem como vantagem incluir a influência da média, representando não só a capacidade do processo em termos de variabilidade mas também relativamente à média.

A análise das capacidades do processo para as várias especificações vai evidenciar as áreas em que se deve atuar e poderá dar indicações a nível de possíveis causas e ações de **melhoria** através de valores baixos em características relacionadas, analisando a diferença entre ambos os índices.

### **II.1.3.11. Ferramentas básicas de melhoria da Qualidade**

As sete ferramentas básicas para a melhoria da Qualidade são os fluxogramas, histogramas, diagrama de Pareto, diagrama de causa-efeito (ou Diagrama de Ishikawa), cartas de controlo, diagrama de dispersão e folhas de verificação. Irão ser descritas mais detalhadamente apenas as ferramentas que foram usadas ao longo do relatório.

#### ***Diagrama de Pareto***

Esta ferramenta foi desenvolvida por Vilfred Pareto, um economista italiano que determinou que cerca de 85% da riqueza no seu país era gerida por 15% da população, tendo sido primeiramente usada no setor industrial por J. M.M Juran. Este descobriu que uma grande quantidade de efeitos era causada por uma pequena percentagem de causas (Moore, 2000).

O diagrama consiste num gráfico de barras, onde no eixo horizontal estão representados, por exemplo, os vários defeitos que podem ocorrer em determinado processo e no eixo vertical as quantidades por defeito, por ordem decrescente, sendo atribuído a cada um a respetiva percentagem acumulada.

Esta ferramenta tem como objetivo hierarquizar problemas, causas, defeitos ou outras características, com base na sua frequência de ocorrência. Após analisar o gráfico, por exemplo, dos defeitos, é possível categorizá-los em A, B e C conforme a curva ABC (Ryan, 2011). Esta pode ser usada para progressivamente definir os problemas que têm maior impacto (em quantidade ou financeiro) para a empresa para que se possam definir ações de melhoria, e seja novamente refeito o diagrama, numa filosofia de melhoria contínua.

#### ***Cartas de controlo***

Walter Shewhart, em 1920, propôs a utilização desta ferramenta. Uma carta de controlo clássica, ou de Shewhart, representa a evolução de uma determinada estatística amostral (por exemplo, a média ou a proporção binomial) ao longo do tempo. Graficamente, caracterizam-se por terem uma linha central, uma superior e uma inferior, sendo que as duas últimas correspondem, respetivamente, ao limite superior de controlo e ao limite inferior de controlo. A linha central irá representar o valor do parâmetro que se está a controlar quando o processo se encontra estável, ou seja, em controlo. Esta ferramenta é extremamente útil pois permite a deteção de causas especiais de variação (aquelas que alteram a distribuição da estatística amostral em causa) alertando para a necessidade de uma investigação do processo e correspondente definição de ações corretivas (Montgomery, 2009).

Analisando as cartas de controlo, ao observar-se um ponto fora dos limites de controlo ou se forem visíveis, durante um período de tempo, comportamentos dos valores amostrais não aleatórios, assume-se que o processo se encontra sob a influência de causas especiais tendo-se tornado instável. O processo deve, nestas condições, ser investigado para que se possam definir ações corretivas que, ao serem implementadas em tempo real, diminuam a probabilidade de serem produzidos defeitos (Evans & Lindsay, 2001).



## CAPÍTULO III – APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

### III.1. ESA no mundo

A ESA teve como berço França e nasceu de uma fusão entre duas empresas, uma dedicada a sistemas de escape, sistemas de interior e exterior, e a segunda especialista em assentos de automóvel. Esta união iniciou-se em 1998, tendo ficado concluída no ano seguinte.

O Grupo é hoje um fornecedor de equipamentos e é responsável pela engenharia dos sistemas de automóvel. Este fornece diretamente produtos a marcas de automóveis de renome mundial ou a fornecedores diretos destes mesmos.

A empresa está no presente ano presente em 34 países no mundo onde tem 274 fábricas de produção, 30 centros de Investigação e Desenvolvimento e cerca de 95 000 colaboradores.

O Grupo optou por localizações das instalações operacionais nas proximidades das principais indústrias de automóveis do mundo, tendo estabelecido uma posição como principal parceiro de uma grande variedade de fabricantes de automóveis, e ganhando assim uma perspetiva cada vez mais global nas operações comerciais desempenhadas.

Os resultados dos produtos vendidos em 2013 foram de 18 biliões de euros, representando um crescimento de 3,7% em relação ao ano 2012. É importante referir que cerca de 54% destas vendas foram realizadas na Europa, sendo os restantes na América do Norte, Ásia, América do Sul e resto do mundo com 27%, 13%, 5% e 1% respetivamente. A ESA tem quatro grandes setores onde atua sendo estes Sistemas Interiores e Exteriores, Sistemas de Escape (tecnologias de controlo de emissões) e Assentos. Na Figura 9 a localização, no automóvel, correspondente a cada setor e na Figura 10 pode-se observar o que cada setor contribui para as vendas.



Figura 9 – Localização, no automóvel, dos produtos correspondentes a cada setor

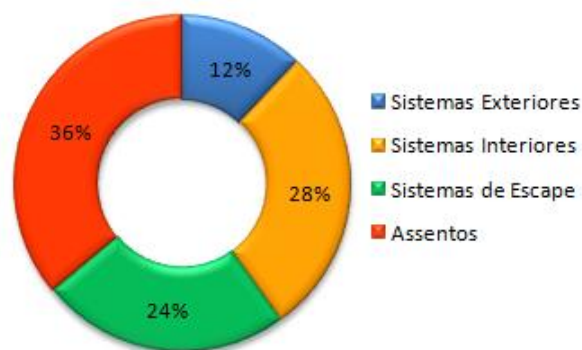


Figura 10 – Contribuição de cada setor de negócio nas vendas totais

O Grupo tem evoluído ao longo dos anos e é hoje líder mundial nas estruturas e mecanismos de assentos de automóvel, sistemas interiores e tecnologias de controlo de emissão e é ainda número um na Europa nos sistemas exteriores. Hoje tem vários clientes finais de renome como se observa na Figura 11.

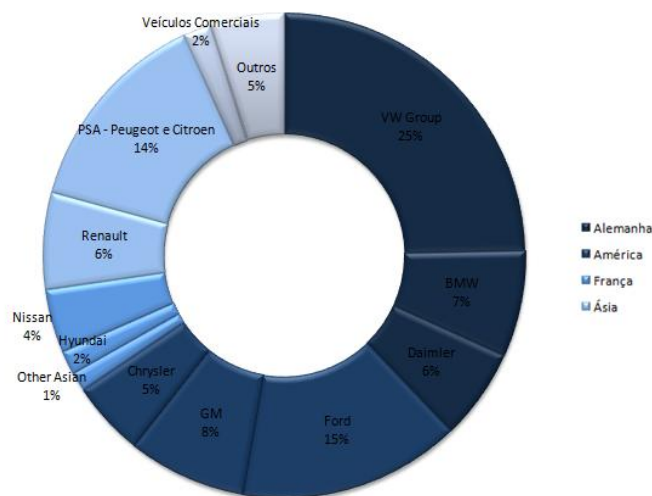


Figura 11 – Percentagem de vendas a cada cliente final do Grupo por área geográfica

A ESA tem crescido ao longo dos anos, essencialmente devido à busca constante de melhorias, tendo investido, em 2013, cerca de 5.1% do total das vendas em Investigação e Desenvolvimento (917 milhões de euros). O sucesso do grupo deve-se ao constante envolvimento não só da chefia mas de todos os trabalhadores de cada uma das fábricas, tendo cada um papel importante no atingir de bons resultados.

A superioridade do Grupo assenta em seis grandes pilares, sendo a cultura de **ESA Perfection System**, os **valores** que regem todos os que trabalham no Grupo, a **política de recursos humanos**, a grande importância dada às **normas obrigatórias de segurança**, **política de qualidade** e o **código de ética** que define os princípios de conduta e comportamento que devem servir de base para as relações diárias com clientes internos e externos.

### **ESA Perfection System (ESAPS)**

Esta cultura é baseada nas metodologias *Lean* (eliminação de desperdícios) e *Kaizen* (melhoria contínua), busca a excelência operacional através das melhores metodologias e práticas identificadas dentro e fora da organização e cultura partilhada por todos os operadores.

Para garantir a eficiência, desempenho, competitividade e qualidade nas operações efetuadas em todo o mundo, o Grupo possui uma cultura de melhoria contínua em todas as suas fábricas. Esta cultura tornou-se um pilar fundamental na busca constante da excelência operacional. O *ESA Perfection System* (ESAPS), desenvolvido e implantado pelo Grupo baseia-se fundamentalmente em duas ferramentas, sendo a primeira o uso das melhores práticas e metodologias identificadas dentro e fora da organização e a segunda uma cultura compartilhada por toda a força de trabalho, sendo que cada pessoa reconhece qual o seu papel no seio da organização. Desta forma, consegue-se contribuir com a melhoria contínua no desempenho de todos os colaboradores tanto a nível de qualidade, custo e prazos, impulsionando deste modo o sucesso do Grupo.



## Valores da ESA

Esta cultura de constante melhoria e busca pela perfeição só é possível com a participação e cooperação de todos os colaboradores do grupo. Todos estes regem-se por cinco valores que constituem o segundo pilar da ESA.

O **comprometimento** por parte de cada um é essencial para o sucesso, pois só se cada um der o seu contributo e fizer o seu papel se alcançam os objetivos pretendidos. Este trabalho individual não seria suficiente se não existisse também um **trabalho em equipa** onde cada um contribuiu com a sua função para que se convirja no mesmo fim. É necessário **transparência** entre colaboradores para que se crie uma relação de confiança. Como a cultura de **melhoria contínua** é intrínseca à cultura ESA, este é também, um dos valores que rege cada colaborador. Cada um é capaz de se desafiar e desafiar outros para que encontrem uma maneira melhor do que a anterior de fazer determinada tarefa. É também crucial que todos tenham um espírito **empreendedor** para que seja possível identificar e aproveitar as oportunidades que surjam.

## Política de Qualidade

A indústria automóvel tem-se tornado um setor muito competitivo, e surgiu a necessidade de não só apostar em produtos de *designs* inovadores, mas também produzir estes mesmos com altos níveis de qualidade, tentando sempre uniformizar o mais possível os padrões em todas as fábricas.

Em 2009 a empresa conseguiu atingir 15 PPMs de peças rejeitadas pelo cliente. O objetivo de manter ou diminuir este nível tornou-se uma prioridade para o grupo. Outra meta é a constante melhoria para diminuição de quantidade de sucata produzida. Entre 2008 e 2011 este valor foi diminuído aproximadamente para metade.

Para que estes dois propósitos se concretizem, o grupo guia-se por sete ferramentas básicas, inspeção final, autocontrolo, contentores vermelhos, retrabalho, *Poka-Yoka*, primeira peça OK e alertas<sup>8</sup> na linha, UAP ou fábrica.

### III.1.1. ESA em Portugal

Atualmente o Grupo detém 6 fábricas em Portugal, uma no distrito de Bragança, duas no distrito de Aveiro, duas no de Viseu e uma no de Setúbal, e conta com a colaboração de 2650 pessoas.

O único sector que não está representado pelas fábricas em Portugal é a área dos componentes exteriores para o automóvel. As fábricas de Viseu e de Aveiro fabricam para o sector de assentos de automóveis, a de Bragança para Sistemas de escape, e a de Setúbal para componentes para o interior do veículo.

### III.1.2. ESA Aveiro (ESA Av)

A ESA Av no distrito de Aveiro dedica-se à produção das estruturas metálicas e mecanismos para assentos e encostos dos veículos, seguindo a mesma cultura e tendo os mesmos pilares do que o Grupo a que pertence. Tem atualmente uma capacidade de produção de cerca de 4950 de assentos por dia e conta com a colaboração de aproximadamente 700 trabalhadores.

A fábrica encontra-se dividida em Unidades Autónomas de Produção (UAP) que por sua vez são constituídas por Grupos Autónomos de Produção (GAP). Esta divisão é feita não por projeto mas pelos métodos usados na produção de cada peça.

---

<sup>8</sup> O alerta vai implicar a constituição de uma equipa com as áreas funcionais necessárias e que analisam o problema, desde a não deteção, causas raízes e determinam ações corretivas e preventivas.

A empresa tem neste momento cinco UAPs (UAP 1, UAP 2, UAP 3, UAP 4 e UAP Pintura) e a empresa é, neste momento, responsável por dez grandes projetos divididos pelas UAPs. Os produtos de cada um destes são providos a fornecedores diretos das marcas dos automóveis.

Tem uma estrutura organizacional horizontal, tem oito áreas de suporte, ESAPS, Controlador da Fábrica, Recursos Humanos, Higiene, Segurança e Ambiente no Trabalho (HSE), Engenharia, Qualidade, Processo de Laser e Processo e Logística e 5 áreas de suporte, correspondendo às cinco UAPs. O organigrama geral da empresa encontra-se representado no Anexo I.

Na Figura 12 pode observar-se a estrutura da área de Qualidade, setor onde foi focado o estudo, estando ligada maioritariamente à subárea Contacto Cliente. A primeira área referenciada é responsável por todo o tipo de problemas em produtos de garantia, identificação de custos e indicadores de desempenho; o responsável pela Segurança e Regulamentação tem como principais funções garantir que todos os postos de trabalho da fábrica cumprem as especificações necessárias a este nível através por exemplo de Auditorias S/R; a terceira subárea da qualidade tem como função gerir as matérias-primas a nível de processo de aprovação de planos de produção (PPAP) onde, neste projeto se irá estudar a capacidade do fornecedor para fornecer as peças com determinadas especificações, sendo também responsável pela gestão de reclamações a efetuar aos fornecedores; o responsável pelo laboratório gere todas as medições e testes feitos para validar ou reprovar peças; a área de contacto com cliente faz a ponte entre este e a empresa, gere alertas e reclamações, capacidades do processo, construção e atualização de planos de controlo, submissão de PPAP ao cliente, gestão dos indicadores de cliente, entre outras funções; por último o responsável pelos sistemas de qualidade faz a gestão dos certificados como a ISO TS 16949 (*Quality management systems — Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations*).

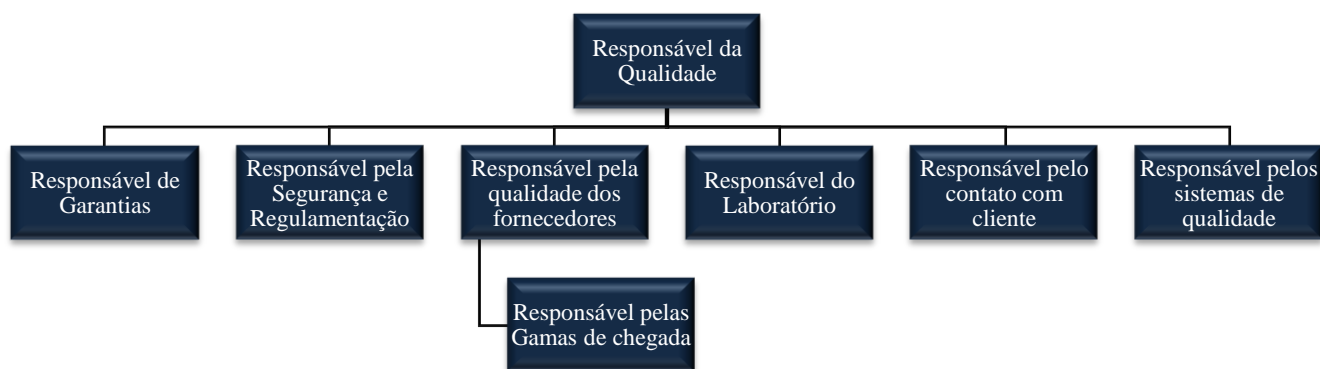


Figura 12 Estrutura da área de Qualidade

## CAPÍTULO IV – UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA APQP NO DESENVOLVIMENTO DE UM NOVO PRODUTO

### IV.1. Metodologia no desenvolvimento de um novo produto

No desenvolvimento de um novo produto a empresa utiliza o método APQP e segue um conjunto de etapas *standard* deste mesmo. Este é utilizado pelo cliente e por todos os fornecedores para que, quando se inicie a produção a conformidade do produto seja previsível e seja evitada a produção de sucata. Esta metodologia envolve uma equipa de várias áreas (não só na ESA Av mas também responsáveis pelo Centro de Investigação e Desenvolvimento do Grupo) com funções muito concretas e que só com o contributo de cada uma se consegue atingir bons resultados.

No momento em que o cliente escolhe o fornecedor para um determinado produto, este necessita de definir quais as especificações pretendidas. Após o cliente escolher a ESA Av como fornecedor, a empresa define especificações que convirjam com os requisitos do cliente e após uma análise define os respetivos fornecedores. É imprescindível, ao longo do processo, um constante *feedback* entre todos os participantes para que seja possível definir especificações viáveis para todas as partes. É ainda necessário, durante todo o processo de desenvolvimento, a participação por parte da equipa multidisciplinar da ESA Av, em reuniões periódicas com a equipa de investigação e desenvolvimento, com o cliente e com fornecedores.

As grandes fases no desenvolvimento de um novo produto utilizadas pela empresa são a Definição do Projeto, Desenvolvimento do Produto e Processo, Preparação para a Produção e Pré-série, Lançamento do produto e início da Produção em Série.

Na Figura 13 encontra-se resumido os processos APQP adaptados para o grupo ESA e, a respetiva relação entre todas as partes envolvidas nesta modificação do produto.

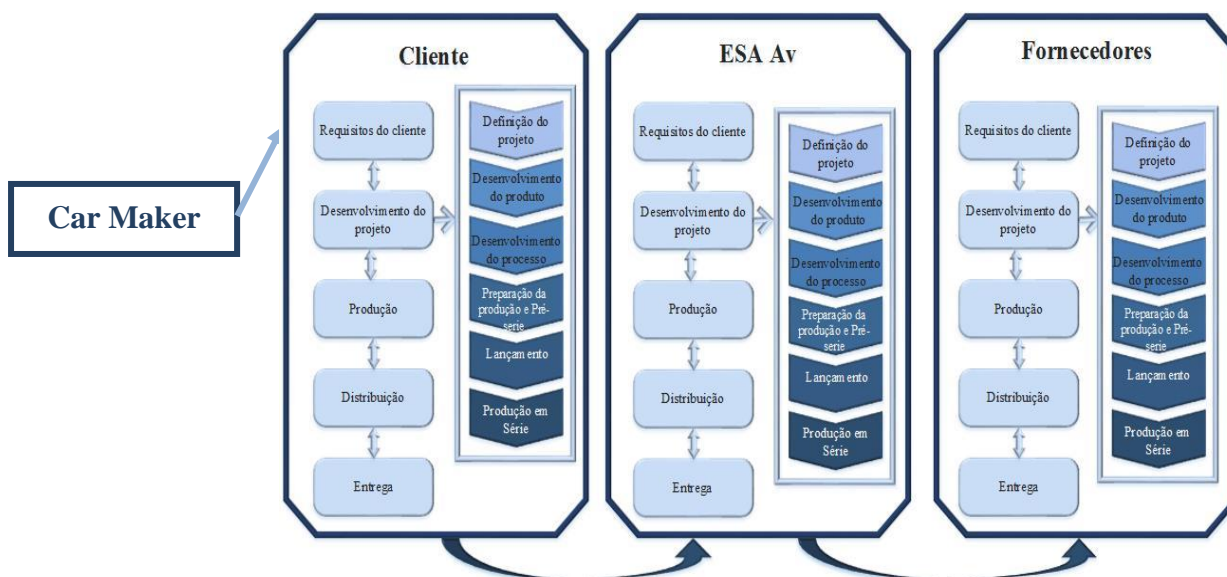


Figura 13 – Método APQP e relação com as várias partes envolvidas

Como já foi referido anteriormente, relativamente ao produto que sobre o qual este trabalho irá incidir, o ET ABC, irá ser produzido em duas versões, um só produto sendo o ET completo chamado ET ABC 100% e um ET que é constituído por duas peças o ET ABC 40% e ET ABC 60%. Tratando-se de uma modificação de um produto atual foi essencial analisar quais as

semelhanças em termos de produto para conseguir perceber, a um nível de qualidade, quais os defeitos que podem surgir para paralelamente ao já efetuado no encosto atual se tomar medidas para se evitarem estas não conformidades.

O grupo ESA utiliza o método APQP e especifica seis grandes fases como sendo Definição do Projeto, Desenvolvimento do Produto e Processo, Preparação da Produção e Pré-série, Lançamento do Produto e a Produção em Série.

É possível, facilmente, efetuar um paralelismo entre estas grandes fases e as descritas anteriormente, apenas o nome destas pode diferir ligeiramente mas o conceito geral de cada uma das fases é comum. Sendo por exemplo a fase de preparação da produção o correspondente à fase de Avaliação e *Feedback* e Ações Corretivas da metodologia APQP. A seguir na fase de Lançamento são, também definidos algumas validações. Na Figura 14 encontram-se especificadas as sub-etapas de cada fase.

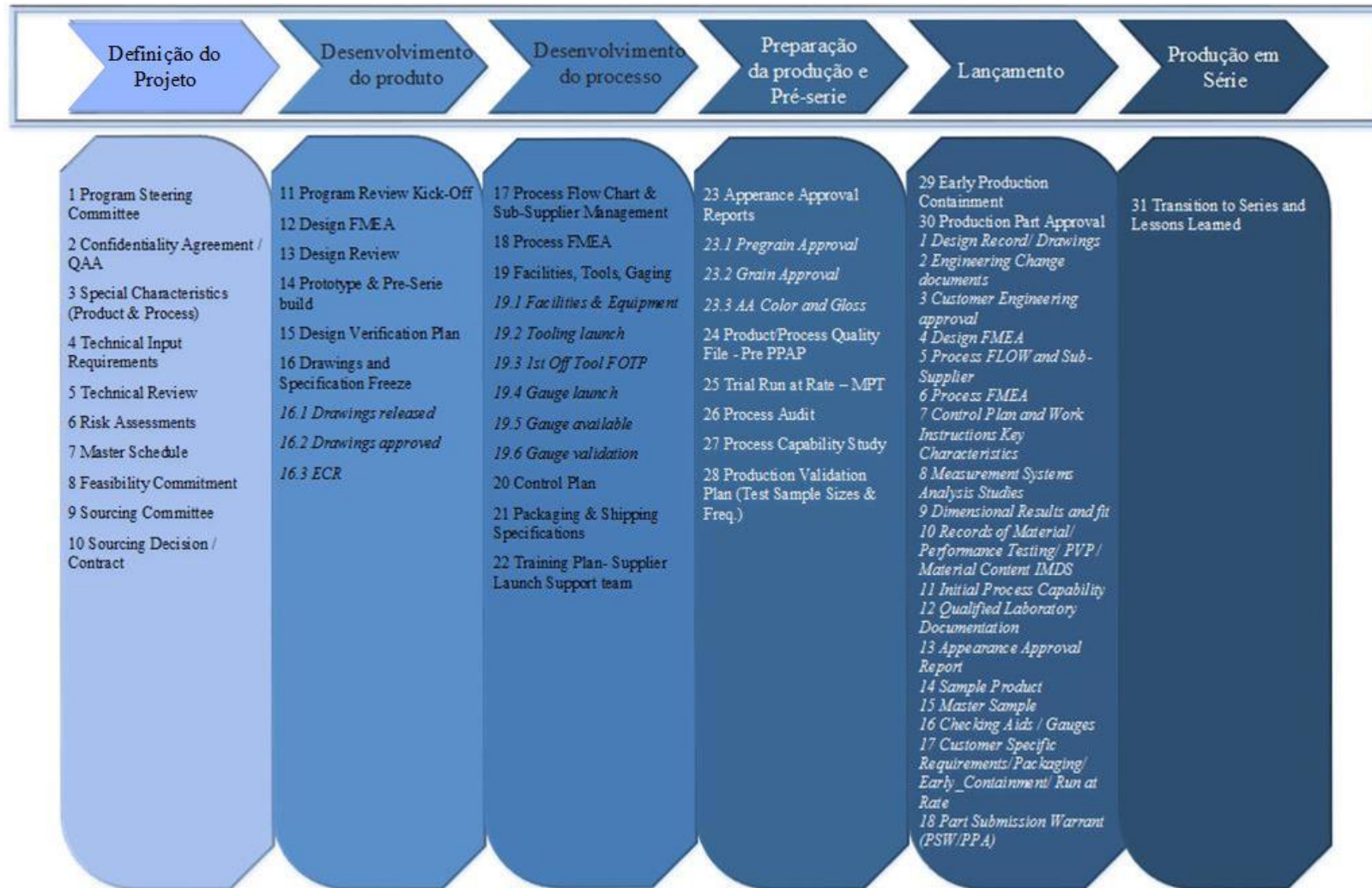


Figura 14 – Descrição pormenorizada de cada fase do método APQP

Na fase **Definição do Projeto** são definidas as empresas envolvidas (Cliente Final e respetivos Fornecedores) através do Comité de Coordenação de Programa, é também nesta fase realizado um acordo de confidencialidade, definidos os *inputs* técnicos necessários para todas as partes, definição das características críticas em termos de requerimentos de segurança, regulamentação, durabilidade, confiança na qualidade e funcionalidade do produto; escolha dos fornecedores consoante avaliações de risco, calendário geral para cada um dos envolvimento (definição do planeamento do processo, layout, forma de embalagem e transporte, etc.), o fornecedor deve comprometer-se a fornecer o produto com a qualidade, planeamento e custos definidos através do acordo de Fiabilidade, são também nesta fase definidas as equipas envolvidas no seio de cada uma das empresas interessadas no desenvolvimento do produto.

Na segunda fase, **Desenvolvimento do Produto**, é inicialmente revisto todo o planeamento definido na fase anterior, desenvolvido a AMFE de projeto onde são especificados os possíveis modos de falha do *design* do produto para posteriormente este poder, caso necessário, alterações no design para prevenção destas possíveis falhas. Nesta fase inicia-se a produção de protótipos que podem ou não ser a partir dos materiais definitivos e raramente são através dos processos da produção em série. Para esta primeira produção é necessário um plano de controlo da fase protótipo, identificação do produto, embalagem e relatório de inspeção. É também nesta fase que os desenhos são divulgados pela equipa de investigação e desenvolvimento.

Na fase do **desenvolvimento do processo** é necessário efetuar-se o fluxo de processo e a gestão dos subfornecedores a nível de planos de controlo, instruções de trabalho, relatórios das ferramentas utilizadas, etc.. A AMFE de processo é uma ferramenta utilizada nesta fase com o intuito de traçar as ações necessárias para os modos de falha e respetivos efeitos mais críticos. É necessário definir-se as instalações, equipamentos e *gabarits* que serão necessários para a produção, para que, ainda nesta fase se iniciem os primeiros testes com estas ferramentas e se efetuar as melhorias necessárias antes do início da produção em série. Com os *outputs* da AMFE de processo irá ser possível construir o Plano de Controlo onde irão constar todos os controlos a efetuar desde a entrada das matérias-primas até o embalamento do produto final. Este irá ser desdobrado e pormenorizado para se construir as instruções de trabalho de produção e inspeção de cada posto de trabalho ao longo do fluxo de processo. É também nesta fase que é definida a forma como é embalado o produto final (quantidade de produto, tipo de embalagem, modo de embalagem de cada produto) e ainda é iniciada a formação dos operadores nos novos processos necessários ao longo de todo o fluxo de processo.

Na quarta fase deste método, **Preparação da Produção e Pré-série** são definidos critérios em termos de aparência do produto (definição das zonas visíveis que não podem conter riscos e zonas funcionais que não é permitido ter deformações nem projeções de soldadura). Ainda nesta fase é necessário fazer uma primeira auditoria ao processo e realizar o *Run at Rate*, que é um teste feito para verificar se temos capacidade para produzir as quantidades pedidas pelos clientes consoante a cadência de produção, número de horas trabalhadas e número de turnos e o cálculo das capacidades de processo relativamente a, pelo menos, todas as características especiais. No fim desta etapa é necessário elaborar o plano de validação das amostras iniciais por parte do cliente.

Na fase de **Lançamento**, começam a ser vendidas as primeiras peças ao cliente e é necessária a utilização de várias ferramentas, que já foram criadas e atualizadas ao longo de todo desenvolvimento do produto para que se pudessem antecipar as falhas no produto e no processo, de modo a se poderem implementar as ações de correção e prevenção devidas para não ocorrerem na fase de produção em série. Todo este processo de desenvolvimento irá resumir-se em 18 documentos a serem verificados e validados pelo cliente, que se intitulam de

Plano de Aprovação do Produto e Processo (PPAP). Na Tabela 2 é possível observar em detalhe cada um destes pontos.

Tabela 2 – Descrição do Plano de Aprovação do Produto e Processo

Item	Inputs	Fonte
1	<b>Desenhos</b> Referência e índice do produto apropriado	Engenharia
2	<b>Documentos de alteração do produto</b>	Engenharia
3	<b>Aprovação dos desenhos por parte do cliente</b> Definição das características especiais: segurança e regulamentação, funcionais e de aspeto.	Engenharia e Qualidade
4	<b>AMFE de projeto</b>	Engenharia
5	<b>Fluxo de Processo</b> e descrição da cadeia de abastecimento (cliente final e os vários níveis do fornecedores)	Engenharia
6	<b>AMFE de Processo</b>	Engenharia e Qualidade
7	<b>Plano de Controlo</b> e instruções de trabalho padronizado da inspeção final	Qualidade e Produção
8	<b>Análise dos sistemas de medição</b> (calibres, estudos de reprodutibilidade e repetibilidade)	Qualidade e Produção
9	<b>Relatórios dimensionais e funcionais</b>	Qualidade
10	<b>Certificado do Material</b> Presença de substâncias perigosas, material reciclável <b>e Testes de Performance</b>	Qualidade
11	<b>Capacidade do Processo</b>	Qualidade
12	<b>Certificado do Laboratório</b>	Qualidade
13	<b>Relatório de aprovação a nível visual</b>	Qualidade
14	<b>Amostras Iniciais</b> Identificação do contentor e do produto Embalagem (tipo de contentor, forma de empacotamento e quantidade por contentor) Identificação das ferramentas utilizadas	Qualidade, Logística e Produção
15	Amostras de Produto com identificação	Qualidade
16	<b>Aprovação dos calibres, ferramentas e gabarits usados</b> Instrução de uso dos calibres, ferramentas e gabarits	Qualidade, Engenharia e Produção
17	<b>Especificações necessárias</b> Run @ Rate Compromisso de capacidade, qualidade, fiabilidade e segurança e regulamentação)	Qualidade e Produção
18	<b>Documento que comprove a validação (ou reprovação) de todos os pontos anteriores</b> Deve conter a razão da submissão, referência, índice, nome e peso do produto e deve ser assinado por ambas as partes (fornecedor e cliente).	Qualidade



Na última fase, **Produção em Série**, é importante registrar as leituras retiradas no decorrer deste processo para que possam servir de *inputs* de desenvolvimento de outros produtos dentro da fábrica ou do grupo ESA.

## IV.2. Definição do Projeto

Na primeira fase do método APQP foram definidos as principais metas a serem atingidas na fase de desenvolvimento e a respetiva calendarização, a previsão de vendas a longo prazo, os envolvidos no projeto ao longo de toda a cadeia de abastecimento desde os clientes finais (marca do carro), o cliente direto (AMB), a ESA Av até a definição de parte dos fornecedores e as respetivos representantes de cada uma das empresas, definições gerais do produto e processo e ainda o orçamento para as fases iniciais do projeto.

Nesta fase estão envolvidos os representantes de cada uma das empresas e apenas após o seu término é que a informação é transmitida aos representantes de cada uma das áreas funcionais da fábrica sendo, depois dentro de cada uma, escolhida uma pessoa que irá gerir todo o desenvolvido a nível da área funcional onde está inserida.

A informação inicial foi transmitida pela responsável da Qualidade da ESA Av tendo sido a autora deste trabalho escolhida como representante da qualidade no desenvolvimento do projeto.

As metas gerais a serem atingidas ao longo deste desenvolvimento encontram-se resumidas na Figura 15.

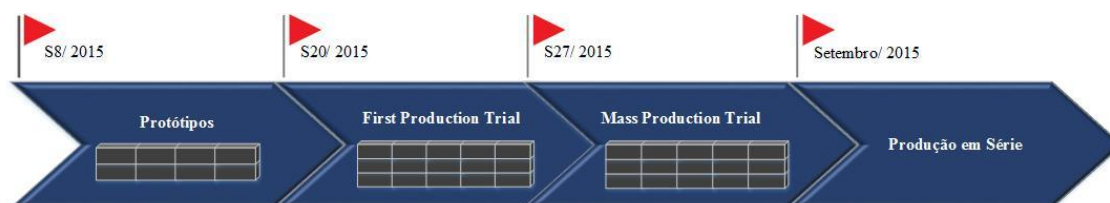


Figura 15 – Metas produtivas no novo projeto

Na fase de protótipo iriam ser produzidas 8 peças na semana 8 do ano 2015 (S8/2015), na semana 20 iniciar-se-ia a primeira fase de experimentação de produção (*First Production Trial* – FTS) onde se produziria 15 peças mas que não requerem que todos os processos e parâmetros sejam os utilizados na fase de produção em série e que por estas razões não podem ser vendidos e são apenas para testes. Na segunda fase de experimentação (*Mass Production Trial* - MPT) já são utilizados todos os processos, materiais e parâmetros utilizados na fase de produção em série, esta ocorreria na semana 27 com 15 peças e a produção em série (*Series of Production* – SOP) foi inicialmente prevista para Setembro de 2015.

Outro aspeto definido nesta fase foi que a produção de ET ABC 100% iria continuar, mas iria representar apenas 6% do total de produção deste encosto sendo que os restantes 94% corresponderiam à produção ET ABC 40% e 60%. Em média, iriam ser produzidas as estruturas para 427 carros por dia (informação resumida na Tabela 3).



Tabela 3 – Previsão da quantidade diária produzida

	ET ABC 100%	ET ABC 40%	ET ABC 60%
Percentagem de Produção	6%	94%	94%
Produção diária (média de 427 carros/dia)	26	401	401

A previsão de vendas ao longo do ciclo de vida do projeto encontra-se na Figura 16.



Figura 16 Previsão anuais de vendas

A nível dos assentos, no setor automóvel, existem normalmente quatro fábricas envolvidas para que se possa conceber um assento, a empresa que monta o carro (*Car Maker* – CM); a fábrica responsável pela montagem dos componentes estrutura metálica, esponjas e capas dos encostos (*Assembly* - AMB<sup>9</sup>), fornecedor Nível 1; a empresa responsável por montar as estruturas metálicas, fornecedor Nível 2 e os vários fornecedores de componentes, fornecedor Nível 3. As especificações são requeridas pelo CM e é este que define os fornecedores que pretende.

Na Figura 17, encontra-se representado o fluxo de materiais (linha a cheio) e o fluxo da definição de requisitos (tracejado) que se inicia sempre no CM. No caso de um produto totalmente novo, o CM define as especificações e os vários fornecedores apresentam propostas para que este possa escolher os fornecedores para os vários níveis, podendo a AMB e a fábrica das estruturas metálicas ter influência na escolha dos fornecedores dos componentes.

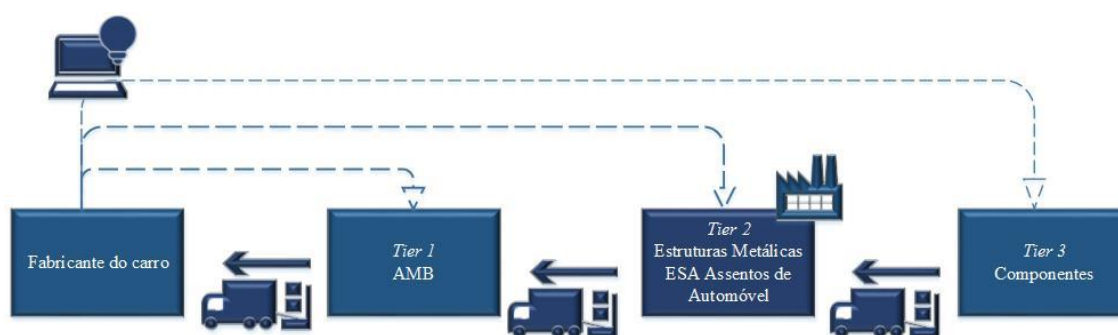


Figura 17 - Fluxo de materiais e requisitos entre os vários *stakeholders*

No presente caso, e devido ao novo produto ser bastante semelhante a outro já existente, não foi necessário fazer concurso para a escolha dos fornecedores do nível 1 e 2, tendo sido apenas redefinidas especificações, que por serem consideráveis foi necessária a constituição de uma equipa com elementos do CM, fábrica do grupo ESA da área de desenvolvimento e a fábrica ESA Av. Relativamente aos fornecedores nível 3, foram definidos alguns dos fornecedores de

<sup>9</sup> Por razões de confidencialidade o nome é fictício.

componentes já utilizados no ET ABC 100%, já produzido na fábrica e também para matérias-primas que iriam ser comuns a outro produto fabricado numa fábrica do grupo ESA.

### IV.3. Desenvolvimento do Produto

Nesta secção serão abordadas essencialmente as etapas nas quais a autora esteve diretamente envolvida. Foi analisado a AMFE de projeto de um produto semelhante ao novo produto que é produzido noutra fábrica do grupo ESA de modo a perceber as falhas que podem ocorrer a nível do produto. Posteriormente analisaram-se os desenhos do ET ABC 100% e dos dois novos encostos para se poderem determinar quais os pontos em comum entre ambos.

No começo desta fase foi necessário rever o planeamento a nível da produção realizado inicialmente. Este sofreu algumas alterações em termos de datas, tendo sido algumas fases atrasadas. Foram acrescentados fases de protótipo intermédias e deliberou-se que todas as fases de protótipo iriam ser realizadas no centro de Investigação e Desenvolvimento do grupo ESA (ESA I&D), localizado em França. Na Figura 18 encontra-se resumida esta informação, especificando as datas, fases e quantidades a serem produzidas e discriminando a verde as fases realizadas no ESA I&D e a azul na ESA Av em Portugal.

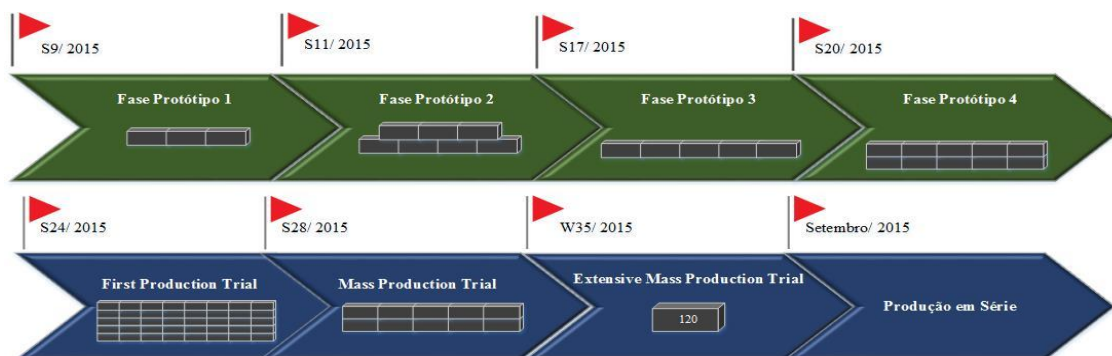


Figura 18 - Previsão de quantidades produzidas atualizadas

#### IV.3.2. Análise dos Desenhos<sup>10</sup>

Esta etapa realizou-se em três fases, tendo-se iniciado com a análise do produto que já existe na fábrica em termos de *design*, ao que se seguiu a análise dos dois novos produtos, e, na terceira fase, efetuou-se um estudo das semelhanças e diferenças entre todos.

##### IV.3.2.1. Encosto de Trás 100%

O ET ABC 100% irá dar origem ao assento do passageiro esquerdo, direito e do meio. Na Figura 19 apresenta-se o desenho do produto final.

Na zona superior da Figura pode-se observar, rodeado a amarelo um par de casquilhos (um casquilho direito e um esquerdo), que é onde será introduzido o apoio de cabeça do encosto para o passageiro que se encontra no lugar na zona traseira e à direita no automóvel. Os pares de casquilhos semelhantes destinam-se aos outros dois encostos de cabeça (centro e esquerdo). Na zona a roxo encontra-se o subconjunto suporte trancador esquerdo já com o *latch* que se encontra a uma cor mais escura, suporte *canon* a uma cor mais clara e o suporte trancador que é a estrutura que irá suportar estas peças. Este subconjunto, em sintonia com o conjunto suporte

<sup>10</sup> AS dimensões nos desenhos foram alteradas por razões de confidencialidade.

trancador direito, irá possibilitar rebater o encosto acionando o *latch* de ambos os lados; esta zona irá ter especificações a níveis funcionais dado que algum defeito nesta zona irá inibir o utilizador de usufruir desta funcionalidade. Rodeado a castanho encontra-se o enrolador do cinto que irá dar suporte ao cinto do passageiro central.

Na zona inferior esquerda, delimitada por um retângulo a cinzento, pode-se observar um subconjunto a vermelho chamado conjunto *gousset* direito que contém um eixo *pivot* direito (semelhante a um parafuso), um arame *isofix* e um *gousset*. Este subconjunto, agrupado com mais dois arames *isofix* que se encontram a azul (arames de reforço *isofix*) e a verde irão servir para prender a cadeira da criança ao encosto do automóvel. Do lado direito da Figura podem observar-se os subconjuntos simétricos onde também será possível prender uma cadeira de criança com o sistema *isofix*.

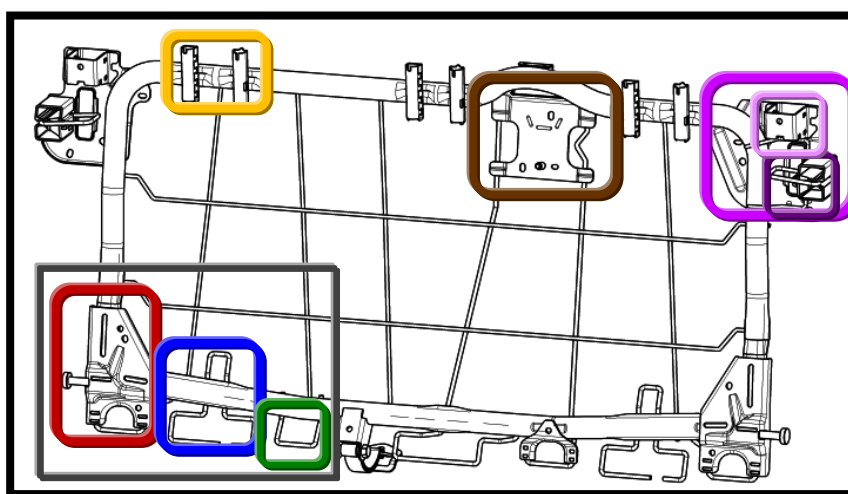


Figura 19 – Representação do ET ABC 100%

Na Figura 20 é possível observar uma vista superior do subconjunto tubo e casquilhos do ET ABC 100% onde são referidas as especificações dos diâmetros dos casquilhos esquerdo e direito após serem soldados ao tubo. Esta dimensão é importante pois um diâmetro superior ao especificado irá impedir a colagem do apoio de cabeça e um diâmetro superior irá provocar folgas, podendo levar ao aparecimento de ruído ou mesmo a perda de funcionalidade. O símbolo  $\Delta$  descreve uma característica especial, tendo esta o número “2” no seu interior, indica que é uma especificação funcional; a sua não conformidade inibe uma determinada função do encosto, neste caso o suporte apoio de cabeça.

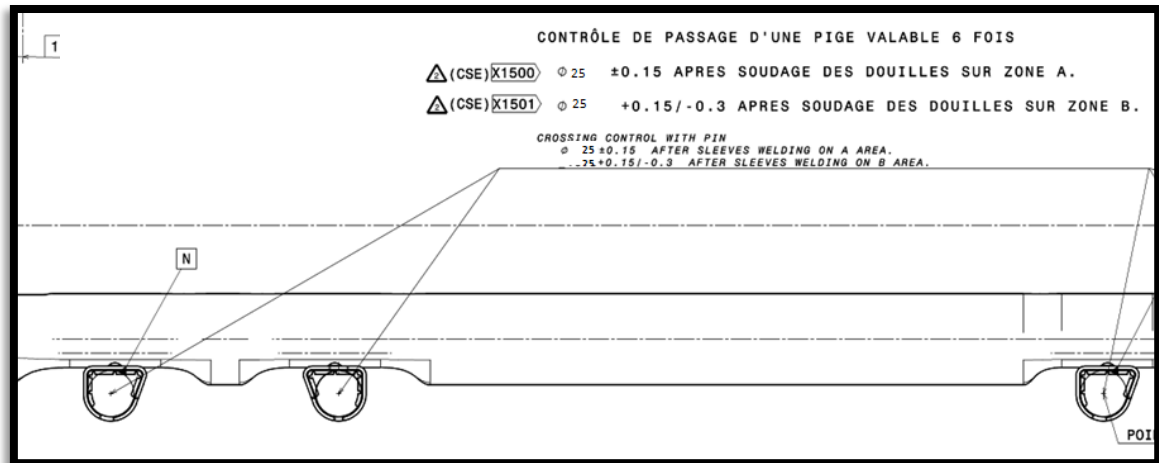


Figura 20 – Vista superior do subconjunto tubo e casquilhos do ET ABC 100%

É necessário articular várias especificações para que determinada função do encosto seja possível. Com o objetivo de ser possível a inserção do suporte apoio de cabeça é necessário para além do diâmetro dos casquilho, o controlo da distância e paralelismo entre o centro destes, pois o suporte de cabeça é um subconjunto que encaixa simultaneamente em ambos os casquilhos. Esta característica é também especial e do tipo funcional ( $\Delta 2$ ).

Os casquilhos de apoio de cabeça, além das características funcionais mencionadas anteriormente, têm uma especificação de segurança e regulamentação, sendo esta representado por  $\Delta$  e no interior o número “1”. Esta especificação indica que o esforço necessário para separar os casquilhos ao tubo após ter sido soldado tenha que ser no mínimo 16 daN (160 Newtons) no sentido representado na Figura 21. Esta força mínima irá salvaguardar o passageiro do automóvel, diminuindo a probabilidade do apoio de cabeça ser projetado em caso de acidente.

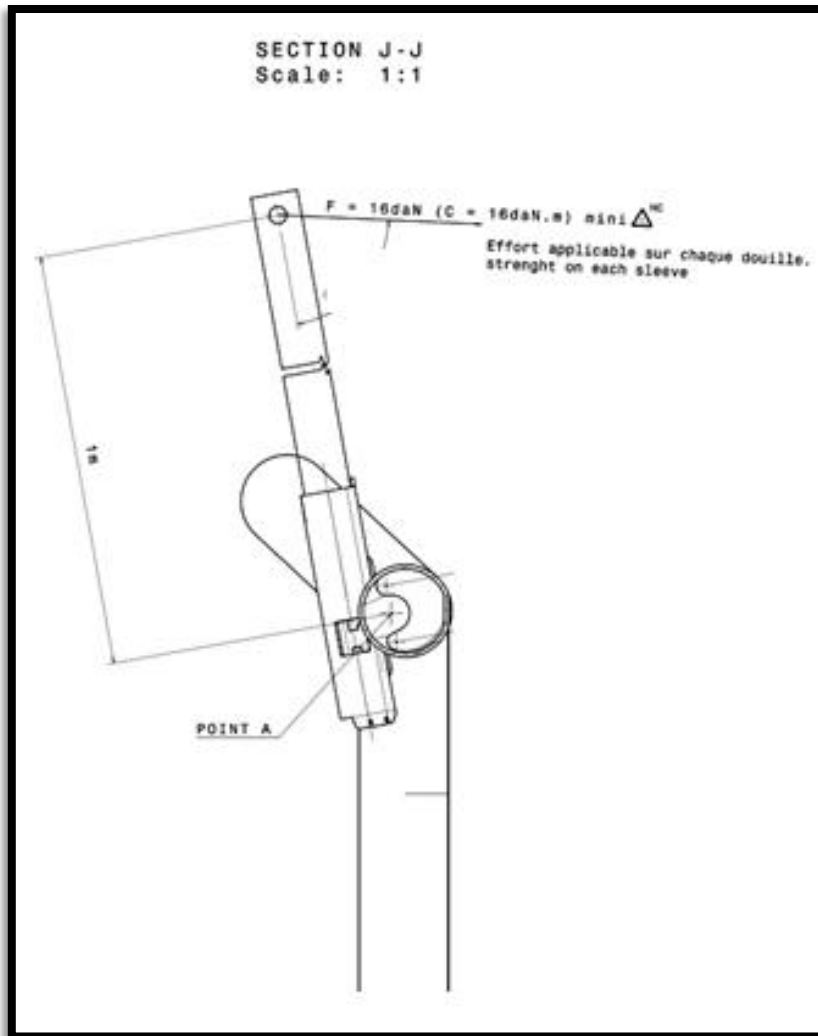


Figura 21 – Vista Lateral do subconjunto tubo e casquilhos do ET ABC 100%

Ambos os subconjuntos dos suportes trancadores contêm um um canon que irá permitir a inserção de um botão que, aquando acionado, irá rebater o encosto para a frente. Estes subconjuntos terão várias características  $\Delta 2$  que, em conjunto, darão esta funcionalidade a utilizado do automóvel. O diâmetro do canon terá, também ele, que estar contido entre  $52 +0.4/-0$  mm. Como se pode ver na Figura 22, o canon é soldado em quatro pontos distintos. e o esforço de destrancamento do *latch* tem que ser inferior a 7.2 daN para que o utilizador não tenha que exercer uma força demasiado elevada para usufruir desta função (especificado na Figura 23).

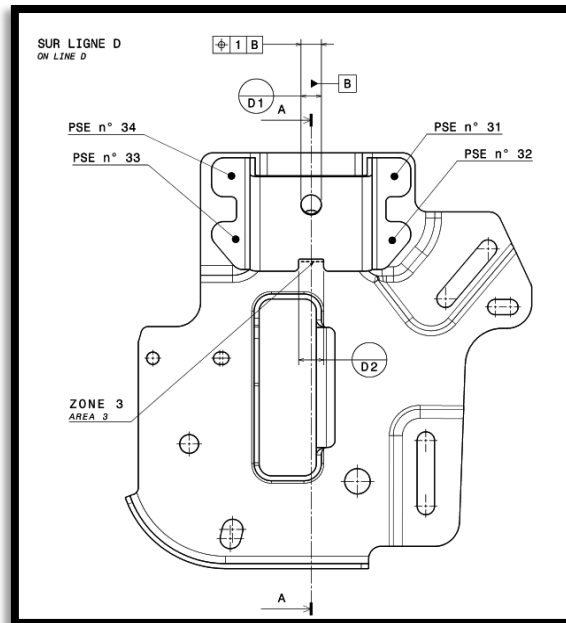


Figura 22 – Vista frontal do subconjunto suporte trancador direito e canon do ET ABC 100%

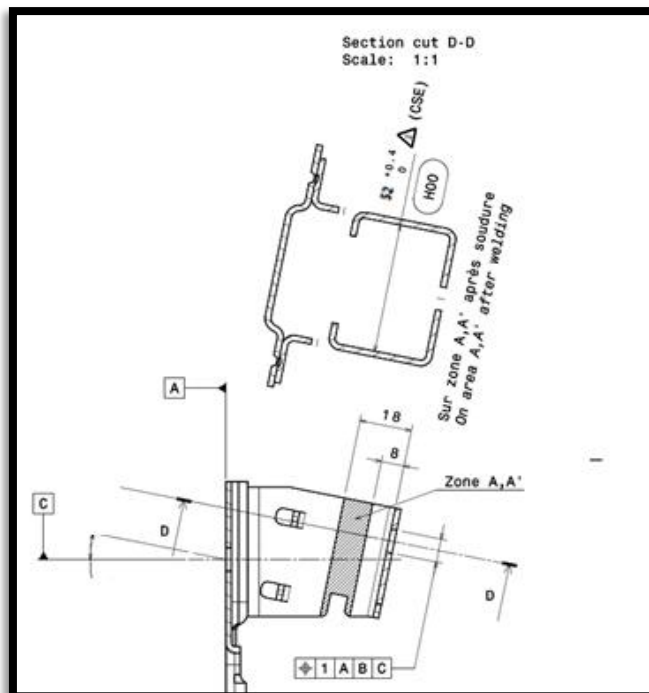


Figura 23 – Vista do corte D-D no subconjunto suporte trancador direito e canon do ET ABC 100%

Na Figura 24 é possível observar a especificação da força de destrancamento do encosto em termos de valor e direção a aplicar a força.

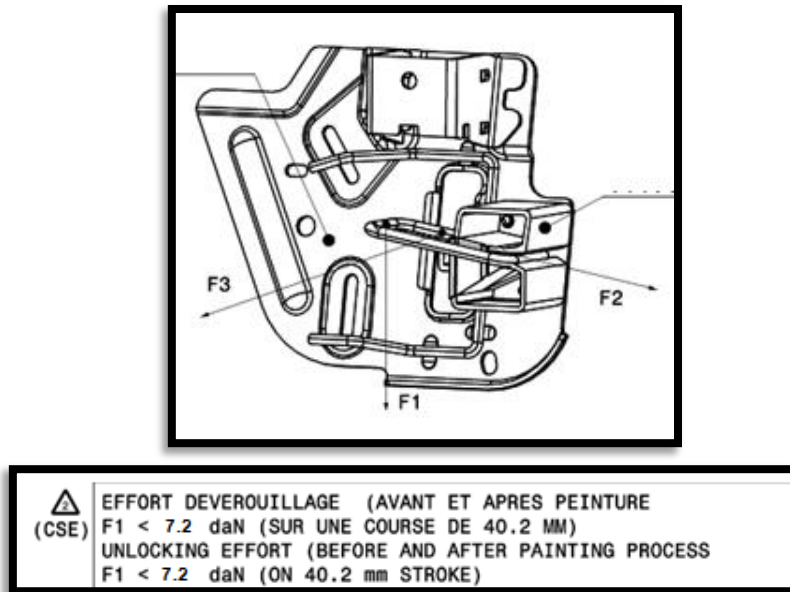


Figura 24 – Força de destrancar o suporte trancador esquerdo e direito em dois sentidos

Os arames *isofix* esquerdo e direito e os eixos pivots são soldados aos *goussets* esquerdo e direito, respetivamente. O arame isofix é soldado em quatro pontos distintos ao *gousset* e todos estes são considerados características especiais do tipo Δ1 pois irá ser nesta zona onde irá ser possível prender a cadeira da criança, tendo que resistir a uma força mínima para garantir a segurança da criança. A força mínima requerida para arrancar o arame soldado ao *gousset* é medido em dois sentidos (frente para trás e trás para a frente) como se observa na Figura 25 e ambas são características especiais de segurança e regulamentação, representada pelo símbolo “◇” e no interior o número “1”. Esta especificação é comum para ambos os *goussets*.

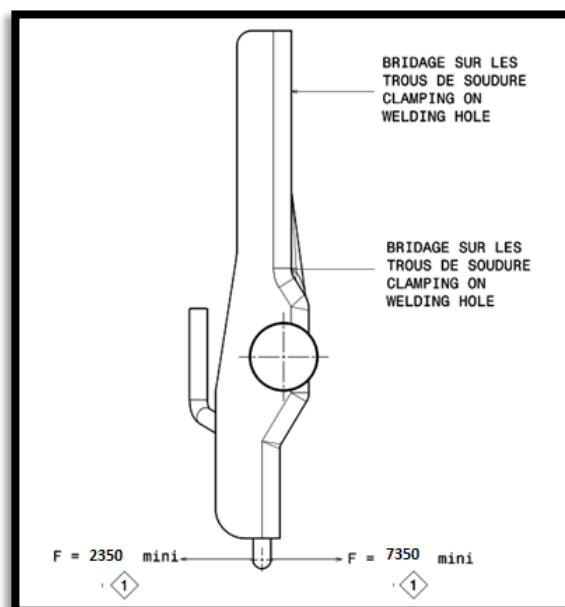


Figura 25 – Desenho do subconjunto *gousset*, eixo *pivot* e arame *isofix* com especificação de força

#### IV.3.2.2. Análise do Encosto de Trás 40% e 60%

O processo de desenvolvimento deste novo produto iniciou-se quando o cliente alterou algumas especificações pretendidas no produto. O ET ABC 100% é um tipo de encosto que, quando rebatido para a frente, tem que ser por inteiro. Com a modificação pretendida pelo cliente, será possível para o comprador do automóvel rebater apenas ou o lado direito na zona traseira ou central e esquerda permitindo deste modo mais flexibilidade na sua utilização.

#### Análise do Encosto de Trás 40%

Na Figura 26 pode-se observar o desenho do ET ABC 40%, que é constituído por um conjunto suporte trancador que se pode observar do lado superior esquerdo que contém um suporte *canon*, o suporte trancador e um *latch* e pode-se também observar dois casquilhos.

Na zona inferior da imagem podem observar-se os subconjuntos *goussets* esquerdo e direito com os respetivos arames *isofix* e eixos *pivot* e, na zona central, o arame de reforço *isofix*.

Ainda na zona inferior encontra-se a peça que vai unir o ET ABC 40% e 60% que é chamada de pata fixa esquerda que irá ser unida ao *gousset* interior e ao eixo *pivot*.

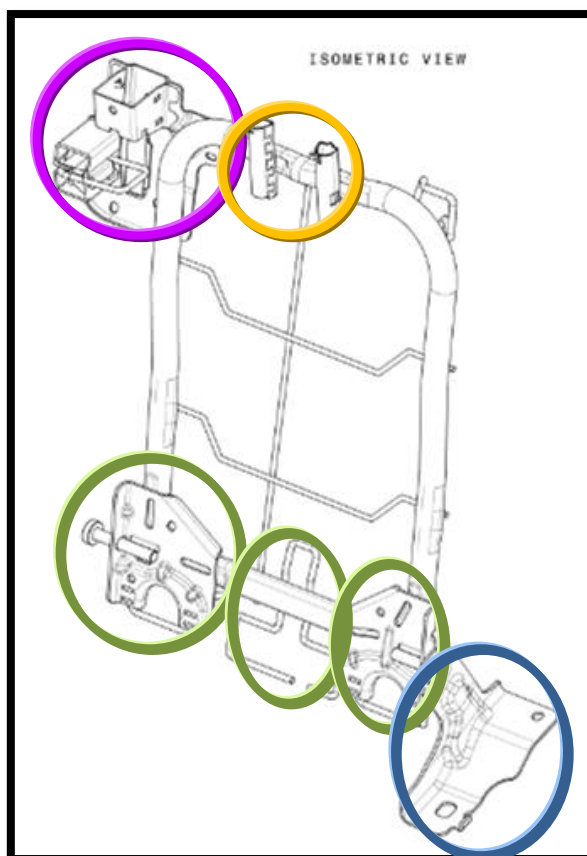


Figura 26 – Representação do ET ABC 40%



O gousset interior, cujo desenho se apresenta na Figura 27, contém uma pata que irá servir de ligação entre o ET 40% e 60% e, de forma semelhante ao gousset exterior, irá compreender um arame isofix que tem também especificações dos cordões de soldadura  $\Delta 1$ . Ambos os goussets têm um mínimo de força necessária para arrancarem o arame isofix, sendo 7700 N e 2400 N, de frente para trás e de trás para a frente, respetivamente.

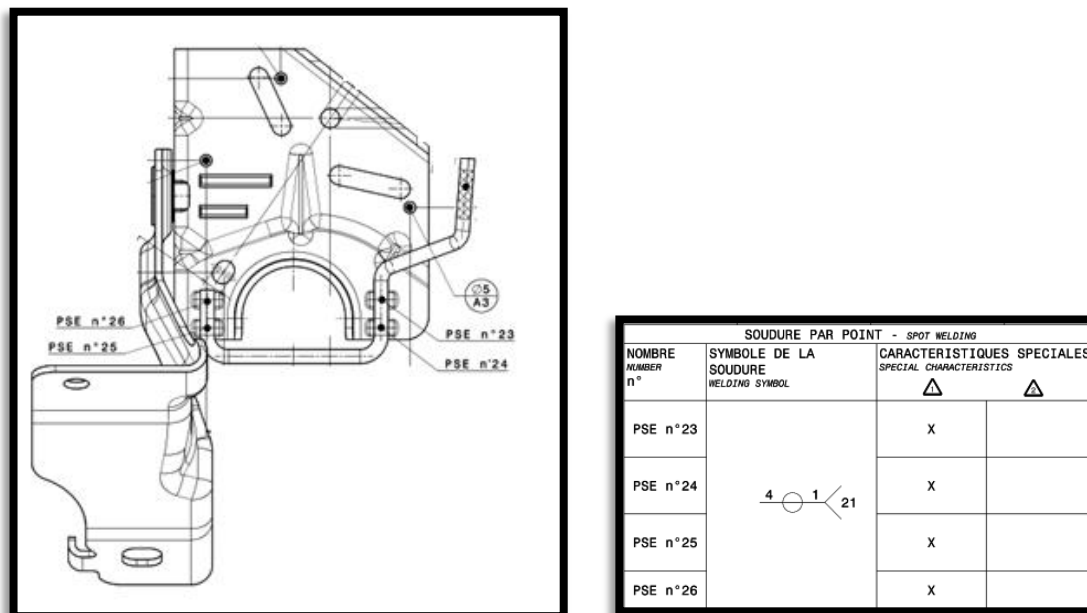


Figura 27 Especificações dos cordões de soldadura do interior do subconjunto *gousset* interior, arame *isofix*, eixo *pivot* e pata do ET ABC 40%

Existe ainda a especificação, à semelhança do ET ABC 100%, para o diâmetro dos casquilho esquerdo e direito, após serem soldados ao tubo de modo a prevenir a alteração do diâmetro por projeções de soldadura sendo esta é uma característica especial do tipo  $\Delta 2$ , especificação funcional

Para que seja possível inserir o suporte apoio de cabeça é necessário, para além do diâmetro dos casquilho, o controlo da distância e o paralelismo entre o centro destes, pois o suporte de cabeça é um subconjunto que encaixa simultaneamente em ambos os casquilhos. Esta característica é, também, especial e do tipo funcional ( $\Delta 2$ ).

### Análise do Encosto de Trás 60%

O desenho do ET ABC 60% pode ser observado na Figura 28. Na zona superior, observa-se de forma semelhante ao ET anteriormente descrito, um conjunto suporte trancador, sendo este, o subconjunto esquerdo que se diferencia do anterior pela forma e pela presença de um arame de reforço, de quatro casquilhos onde irá ser introduzido o apoio de cabeça do passageiro central à esquerda, e um suporte enrolador do cinto que irá suportar o cinto do passageiro central.

Já no lado inferior podem observar-se se dois *goussets*, o direito (lado esquerdo da imagem) que não contém arame *isofix* porque não é possível prender a cadeira da criança no lugar central. Contém, no entanto, à semelhança do ET ABC 40% uma pata fixa que irá complementar a ligação entre ambos os encostos. Do lado direito, encontra-se o conjunto *gousset* esquerdo com o arame *isofix* e eixo *pivot*, o arame de reforço *isofix* e o suporte de arame *isofix*. Com o intuito

de suportar o encosto na zona central, este contém dois arames horizontais e três verticais (todos eles diferentes). Relativamente a características especiais, o ET ABC 60%, à semelhança do ET 40%, tem especificações do diâmetro dos casquilhos, distância entre casquilho esquerdo e direito, esforço de trancamento do *latch* e diâmetro do *canon*, como especificações funcionais, e comprimento mínimo dos cordões de soldadura dos arames *isofix*, como características de segurança e regulamentação.

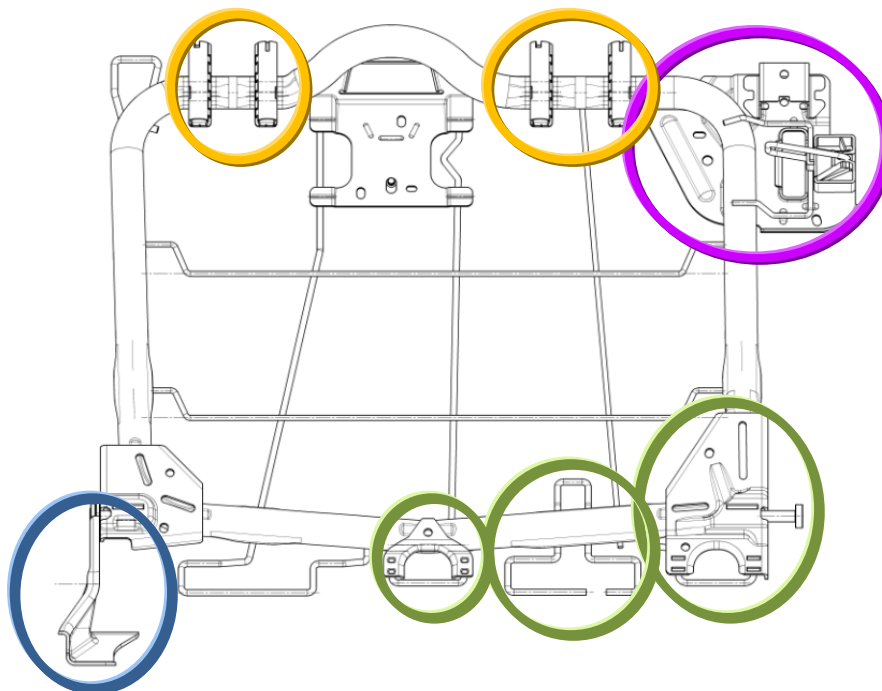


Figura 28 – Representação do ET ABC 60%

#### IV.3.2.3. Relação entre os produtos

Embora o produto em estudo seja novo, tem, como já foi mencionado, matérias primas e subconjuntos em comum com o ET ABC 100%.

Após analisar os três encostos separadamente surgiu a necessidade de encontrar os pontos convergentes e paralelos em termos de produto. Estes indicam que as especificações serão também iguais e, conseqüentemente, os modos de controlo serão os mesmos. Na Figura 29 podem-se observar os três produtos realçados por várias cores que correspondem aos subconjuntos em comum nos três produtos. Seguidamente foram identificadas as peças que, apesar de não serem iguais, teriam semelhanças em termos de especificações.

Ainda na mesma Figura observam-se, rodeado a vermelho, os subconjuntos semelhantes que, por terem especificações semelhantes, será importante o seu estudo para as seguintes fases da metodologia do desenvolvimento do produto; a vermelho escuro estão representadas as peças completamente novas e onde terá que ser feita uma análise consideravelmente mais aprofundada para encontrar as características especiais, possíveis defeitos e modos de falha e modos de controlo necessários.

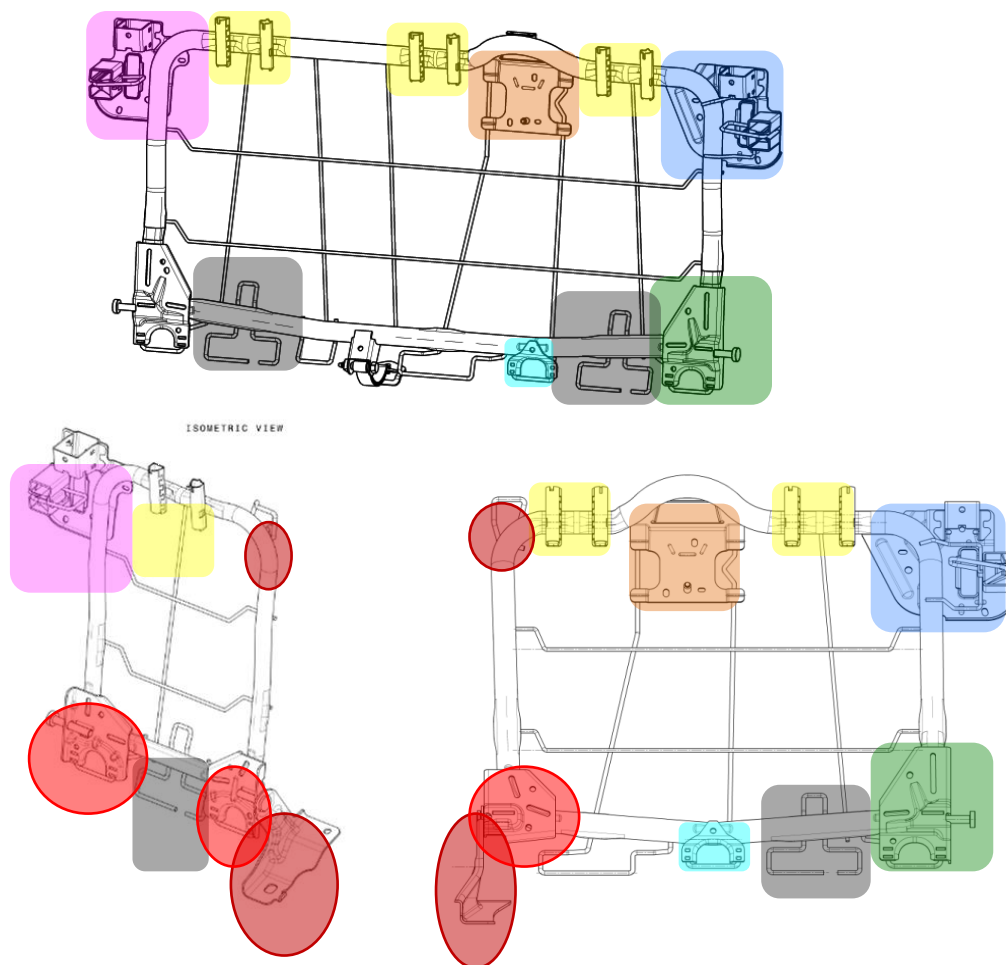


Figura 29 – Representação dos três encostos e representação por subconjuntos em comum, semelhantes ou novos

### IV.3.3. AMFE de projeto

Esta ferramenta permite fazer uma análise relativamente aos modos de falha que podem ocorrer a nível de *design* e respetivas consequências.

Apesar de o produto novo ser uma modificação do ET ABC 100%, existe um outro produto fabricado noutra fábrica do grupo ESA, ET DFG 40% e 60% que, a nível de *design* é mais semelhante do que o já existente na fábrica. Decidiu-se portanto, analisar a AMFE de projeto do ET DFG 40% e 60%. Na Tabela 4 encontram-se alguns dos pontos retirados desta ferramenta.

O primeiro modo de falha refere-se à possibilidade do arame do *latch* sair da parte plástica, podendo isto acontecer na fase da montagem dos componentes, devido às altas temperaturas no processo de pintura que podem danificar a parte plástica. Esta causa não seria possível para o caso do ET ABC 100% pois a montagem do *latch* é feita após pintura. No entanto, para os novos produtos esta operação será feita antes da pintura, tornando-se, assim, esta causa possível para este modo de falha. Foi necessário, por parte da Engenharia testar se os parâmetros da pintura da fábrica não iriam danificar a parte plástica do *latch*, tal como aconteceu na fábrica onde é produzido o ET DFG 40% e 60%.

Os quatro pontos seguintes descritos na AMFE de projeto dizem respeito aos riscos e deformações que podem ser criados no manuseamento, condicionamento e transporte das peças.

Apesar de este ponto não ser considerado crítico nesta AMFE de projeto, ( $RPN < 100$ ) é algo que pode ser evitado com um estudo realizado previamente. Este modo de falha precisa de ser analisado para todos os projetos, pois é necessário garantir que todos os produtos que saem da linha de produção, são armazenados, transportados e chegam ao cliente sem defeitos. Sabendo que o ET DFG 40% e 60% é muito semelhante ao novo produto e que se pretende antecipar a qualidade deste, decidiu-se fazer os testes de embalagem com estes produtos. Este processo encontra-se descrito mais pormenorizadamente no ponto IV.4.4

Tabela 4 AMFE de projeto ET DFG 40% e 60% adaptada para o ET ABC 40% e 60%

Fase	Função	Componente	Modo de falha	Efeito	Causa	Validação	D	F	G	RPN	Ações	Data Limite	Ações realizadas	Data realizada	D'	F'	G'	RPN
Montagem dos componentes	Resistência ao processo	Latch	Arame do latch solta-se da parte plástica	Impossível rebater o encosto	Deformação da peça plástica depois de passar pela pintura	Testes funcionais ao latch ao longo de todo o fluxo de processo	5	4	8	160	Verificar se o plástico do latch é compatível com o processo de pintura	23-5-2011	Temperatura na fase do processo de cataforese não é compatível	15-06-2011	5	1	10	50
Condicionamento/ armazenamento/ Transporte	Resistência ao condicionamento e transporte	Brackets	Riscos e/ou deformações no bracket durante o acondicionamento e transporte	Defeitos de aspeto	Dimensão e formato difícil de manusear	Testes de embalagem e transporte	2	5	5	50								
Condicionamento/ armazenamento/ Transporte	Resistência ao condicionamento e transporte	Arames Isofix	Riscos e/ou deformações no arame isofix	Defeitos de aspeto	Contacto do arame isofix durante o manuseamento e/ou transporte	Testes de embalagem e transporte	2	2	5	20								
Condicionamento/ armazenamento/ Transporte	Resistência ao condicionamento e transporte	Goussets	Riscos e/ou deformações no gousset	Defeitos de aspeto	Contacto do gousset durante o manuseamento e/ou transporte	Testes de embalagem e transporte	2	2	5	20								
Condicionamento/ armazenamento/ Transporte	Resistência ao condicionamento e transporte	Latch	Riscos e/ou deformações no latch	Defeitos de aspeto	Contacto do latch durante o manuseamento e/ou transporte	Testes de embalagem e transporte	2	2	5	20								

#### IV.3.4. Definição da Embalagem

Uma das etapas realizadas por parte da Logística, Qualidade e Produção foi a definição da forma da embalagem na qual deveria ser possível transportar o máximo de encostos possível, sem riscos de deformar as zonas visíveis, e de fácil forma de embalar, consoante as especificações de cada uma das áreas funcionais, respetivamente.

Este processo foi realizado em duas fases, tendo sido a primeira feita internamente, na qual se decidiu qual a melhor configuração para todas as partes interessadas, realizando testes de transporte e analisando peças antes e depois do teste, e a segunda foi o envio de contentores para a apresentação da proposta ao Cliente para este validar a forma de contentorização e testar exatamente o trajeto que iria ser efetuado no início da produção dos encostos.

Existe um projeto em produção em série noutra fábrica ESA que tem muitas semelhanças com o ET ABC 40% e 60% e como na fase inicial ainda não existem encostos para fazer testes, foram utilizados ET DFG para a realização destes mesmos.

Um dos requisitos do cliente é que os novos encostos devem ser embalados separadamente, um contentor para o ET ABC 40% e outro para o ET ABC 60%. A nível da qualidade é imprescindível garantir que áreas funcionais e de segurança e regulamentação não sofrem nenhum tipo de deformação e que zonas visíveis pelo futuro cliente não têm nenhum tipo de riscos. Relativamente aos interesses da produção, esta tem especificações rígidas quanto ao número de encostos produzidos por unidade de tempo e por isso terão que ser tidas em conta questões de rapidez e ergonomia na contentorização. A nível da logística era favorável utilizar os mesmos contentores que eram utilizados inicialmente pelo ET ABC 100% para evitar comprar novos contentores e conseguir o máximo número de encostos por contentor e ainda que a diferença entre número de ET ABC 40% e 60% em cada contentor tenham um mínimo múltiplo comum baixo. Na Figura 30 e 31 encontra-se representado o ET ABC 40% e ET 60%, respetivamente, com indicação a tracejado das zonas visíveis. Foi constituída uma equipa com representantes das três áreas funcionais, para que cada um conseguisse escolher a contentorização mais favorável para todas as partes.

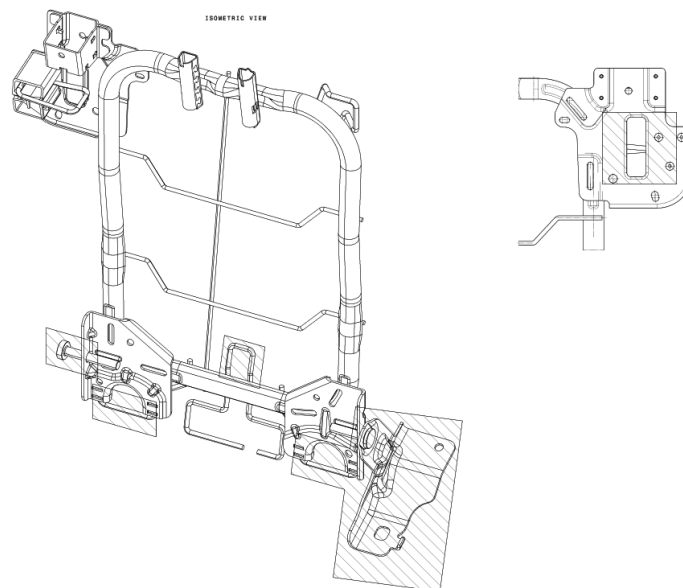


Figura 30 – Zonas visíveis do ET ABC 40%

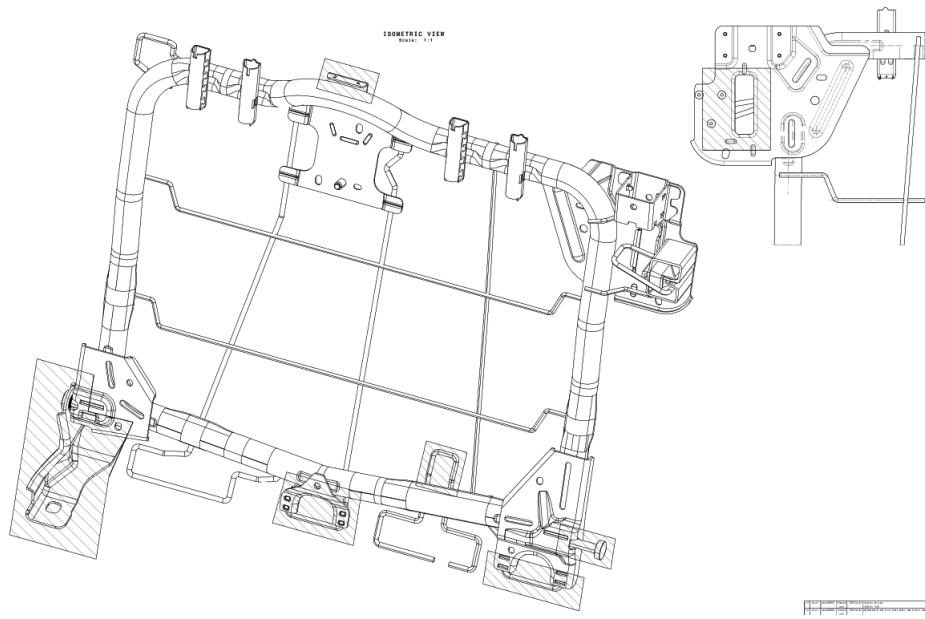


Figura 31 – Zonas visíveis do ET ABC 60%

Nas Figuras 32 e 33 encontra-se a primeira proposta de contentorização do ET ABC 40% e ET ABC 60%, respetivamente.



Figura 32 – Primeira proposta de embalagem do ET ABC 40%





Figura 33 – Proposta de embalagem do ET ABC 60%

De forma a simular o movimento que iria haver no camiãõ na viagem para o cliente, foi feito um teste em que os dois contentores circularam durante dois dias dentro do camiãõ que circula entre o pavilhãõ um e dois da fãbrica.

Apõs enviar os encostos num camiãõ para testar o movimento que poderia haver nos contentores na viagem, foi feita uma anãlise às zonas visíveis dos encostos e concluiu-se que os ET 40% voltaram com riscos em zonas visíveis, principalmente na zona traseira do suporte trancador, como é possível observar Figura 34.

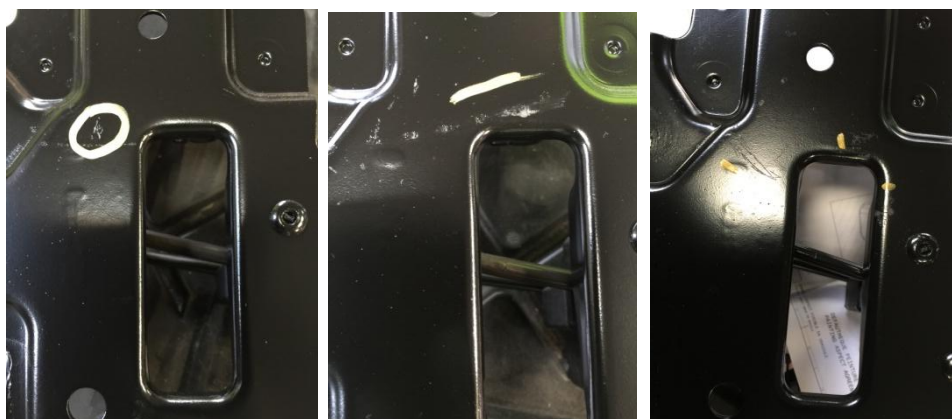


Figura 34 – Riscos nas zonas visíveis apõs ensaios de contentorizaãõ

Foi necessãrio um segundo teste de contentorizaãõ de forma a proteger estas áreas. A segunda proposta de contentorizaãõ realizada pela mesma equipa, encontra-se representada nas Figuras 35, 36 e 37, sendo respetivamente os encostos na terceira camada do contentor, segunda camada e primeira camada (zona mais abaixo).





Figura 35 – Segunda proposta de embalagem do ET ABC 40% (3ª camada)

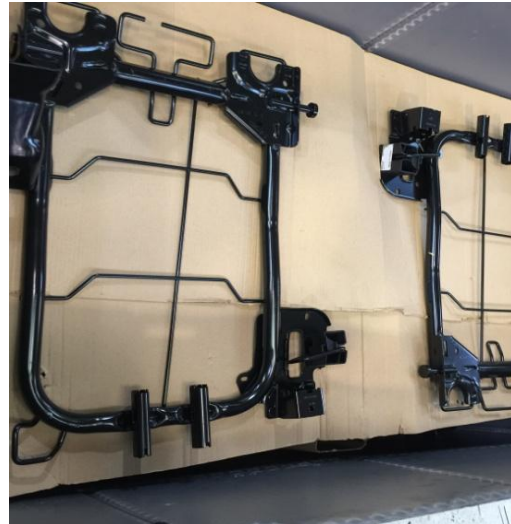


Figura 36 – Segunda proposta de embalagem do ET ABC 40% (2ª camada)



Figura 37 – Segunda proposta de embalagem do ET ABC 40% (1ª camada)

Foi necessário uma nova simulação de viagem para testar os movimentos dentro do contentor. Após a viagem e análise verificou-se que os encostos vieram sem riscos adicionais na zona traseira do suporte trancador. Esta foi a proposta mais favorável para as partes interessadas internamente encontrando-se a informação de ambas as propostas resumida na Tabela 5.

Tabela 5 – Balanceamento das propostas de embalagem do ET ABC 40% e 60%

			ET ABC 40%	ET ABC 60%
Logística	1º Proposta	Número de encostos Mínimo Múltiplo comum: 690	23 30 Contentores	30 23 Contentores
	2º Proposta	Número de encostos Mínimo Múltiplo comum: 120	24 5 Contentores	30 4 Contentores
Qualidade	1º Proposta	Riscos nas zonas visíveis Deformações	Suporte trancador Não	Ligeiro zona da pata Não
	2º Proposta	Riscos nas zonas visíveis Deformações	Não Não	Ligeiro zona da pata Não
Produção	1º Proposta	Tempo médio por encosto por contentor	5°28''79	
	2º Proposta	Tempo médio por encosto por contentor	4°32''19'	5°12''22

Após a primeira fase dos ensaios de contentorização foi necessário fazer a proposta inicial ao cliente por parte da área Logística. Após os contentores serem transportados até ao cliente, verificou-se que este não apresentou objeções a nível de contentorização.

#### IV.4. Desenvolvimento do Processo

Nesta fase foi importante analisar individualmente cada um dos fluxos de processos para posteriormente encontrar as semelhanças e possíveis modos de falha iguais. Para a construção da AMFE do processo, realizou-se uma análise aos defeitos internos, aos defeitos detetados externamente (reclamações e alertas) e à capacidade do processo para várias características de segurança e regulamentação, funcionais e ainda outras características que o cliente pretende que sejam controladas. Analisaram-se, também, planos de ação que visam evitar a ocorrência futura dos referidos defeitos. Após este estudo, realizou-se um paralelismo para perceber quais as falhas que poderiam ocorrer nos novos produtos. Foi ainda nesta fase que se realizou o Plano de Controlo da fase de Pré-série e a definição do modo de embalagem de ambos os novos produtos.

##### IV.4.1. Fluxo de Processo

###### IV.4.1.1. Fluxo de Processo ET ABC 100%

O processo é constituído pela fase de soldadura que é realizada em quatro postos distintos, a fase da pintura que não é executada nesta GAP e, por fim, uma fase de montagem.

Com o intuito de produzir o ET ABC 100% são necessários cinco postos de trabalho, sendo o primeiro um posto de soldadura usando a tecnologia de soldadura por resistência (SPR) para produzir o subconjunto tubo mais casquilhos. Este tipo de tecnologia caracteriza-se pela geração de calor devido à passagem de corrente nas duas ou mais superfícies que se pretendem ver soldadas. No segundo posto, é utilizada a mesma tecnologia do posto anterior e os produtos retirados desta fase são o conjunto suporte trancador esquerdo e direito (sendo constituído pelo suporte trancador e o *canon*) e o conjunto *gousset* esquerdo e direito que é constituído pelo *gousset* e o respetivo arame *isofix* esquerdo ou direito.

A tecnologia usada no terceiro posto de trabalho, apesar de ser também ela um processo de soldadura, é significativamente diferente dos postos anteriores, sendo aqui utilizada soldadura *MAG (Metal Active Gas)*, e tem como output o ET da fase *MAG* (ET sem os arames horizontais e verticais e sem o *latch* esquerdo e direito). Este tipo de soldadura é realizado por um arco elétrico onde se utiliza um fio elétrico consumível de alimentação contínua, na ponta do qual se estabelece um arco elétrico utilizando uma proteção gasosa. Após esta fase o operador verifica a conformidade dos cordões de soldadura através do autocontrolo e marca com pinta os cordões. O encosto pode seguir três vias distintas, sendo a primeira quando os cordões estão todos dentro das especificações e segue para o posto seguinte. A segunda opção ocorre quando existe cordões não conformes, podendo no entanto ser retrabalhados para seguirem o *flow* normal das peças, ou pode não ser possível recuperar e ser diretamente sucitado, estando perante a terceira opção. Para o operador conseguir decidir convenientemente o rumo a dar peça, existe uma liste que indica quais os retrabalhos que são permitidos e quais são proibidos pelo GAP.

No posto seguinte, são soldados todos os arames horizontais e verticais, os arames *isofix* e o suporte do arame *isofix* ao ET da fase *MAG* através de soldadura por pontos (SPP). Nesta fase é também realizado, pelo operador, um autocontrolo com marcação de pinta aos cordões de soldadura. No entanto, nesta fase, não é permitido o retrabalho, o que significa que caso um cordão esteja fora das especificações, o encosto terá que ser sucitado. A SPP é um tipo de SPR mas que é especificamente usada para união entre partes com uma espessura máxima de 3mm, usando dois elétrodos simultaneamente para fixar as partes metálicas e passar corrente entre ambas. Este método é especialmente vantajoso quando as peças cumprem os requisitos de espessura necessários pois permite uma redução do uso de energia e evita deformações nas peças por passagem de correntes excessivas. O encosto nesta fase abandona a GAP para ser levado para a zona de pintura. Após este processo retorna e avança para o posto seguinte.

No último posto é montado o *latch* esquerdo e direito através da rebitagem em três pontos distintos. Em todos os postos os operadores estão em autocontrolo, isto é, sempre que passam de um posto para o seguinte verificam a conformidade do produto ao sair do posto anterior. Os quatro primeiros postos são de segurança e regulamentação (S/R), estes postos têm especificações muito restritas pois caso seja produzida uma não conformidade pode pôr em causa a vida do cliente final, o utilizador do carro. Estes postos vão ter que ser altamente controlados para que nenhum defeito passe para o cliente. Toda esta informação encontra-se resumida na Figura 38.

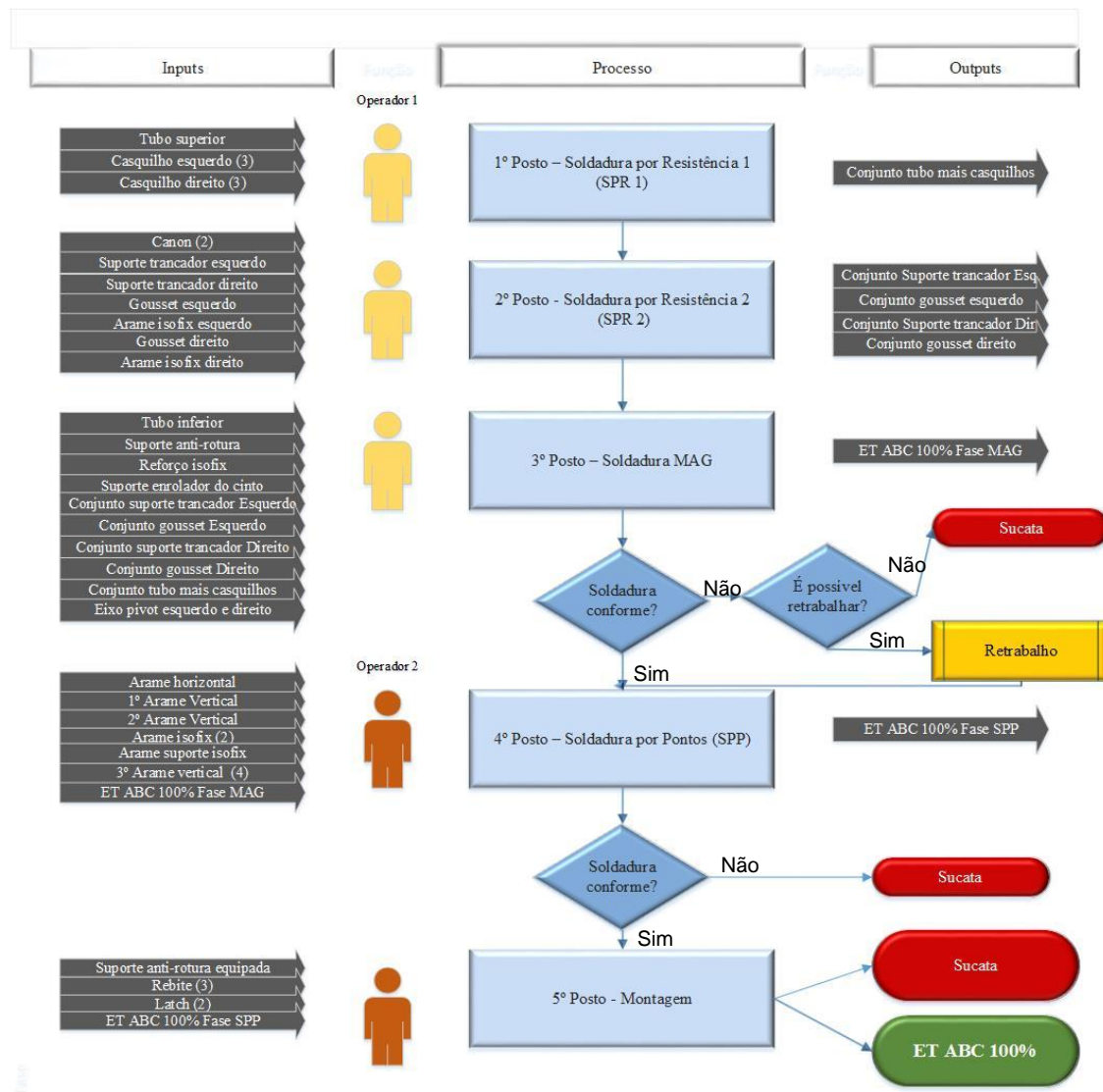


Figura 38 – Fluxo de processo do ET ABC 100%

#### IV.4.1.2. Fluxo de Processo ET ABC 40% e 60%

O fluxo de processo do ET ABC 40% encontra-se representado na Figura 39. No primeiro posto é soldado por SPR o tubo aos dois casquilhos apoio de cabeça. No posto seguinte, também com a mesma tecnologia de soldadura, obtido o conjunto *gousset* esquerdo e direito, sendo esta uma máquina nova, pois apesar de serem soldados pela mesma tecnologia dos *goussets* do ET ABC 100% têm dimensões e formas distintas o que leva à necessidade de um *gabarit* diferente.

No terceiro posto é soldado o *canon* ao suporte trancador direito por SPR, sendo que o output aqui obtido entra no posto seguinte onde é montado, por um processo de rebiteagem, o *latch*. Este processo permite, por união mecânica, juntar duas partes através de um rebite.

No posto seguinte são soldados os outputs dos postos anteriores, a pata fixa central e os eixos pivot esquerdo e direito, formando o ET ABC 40% fase MAG. Este necessita de ser controlado

na zona dos cordões e, à semelhança do ET ABC 100% pode ter que ser sucitado, retrabalho ou seguir o fluxo normal dependendo da conformidade do encosto.

No último posto são soldados os arames verticais e horizontais, arame *isofix* e um arame superior (arame de estofagem). Os defeitos de cordões obtidos nesta fase levarão a que o encosto seja sucitado. Após este posto, o encosto é levado para a zona de pintura (fora desta unidade de produção), no fim da qual o operador verifica visualmente se existem, ou não, defeitos de pintura.

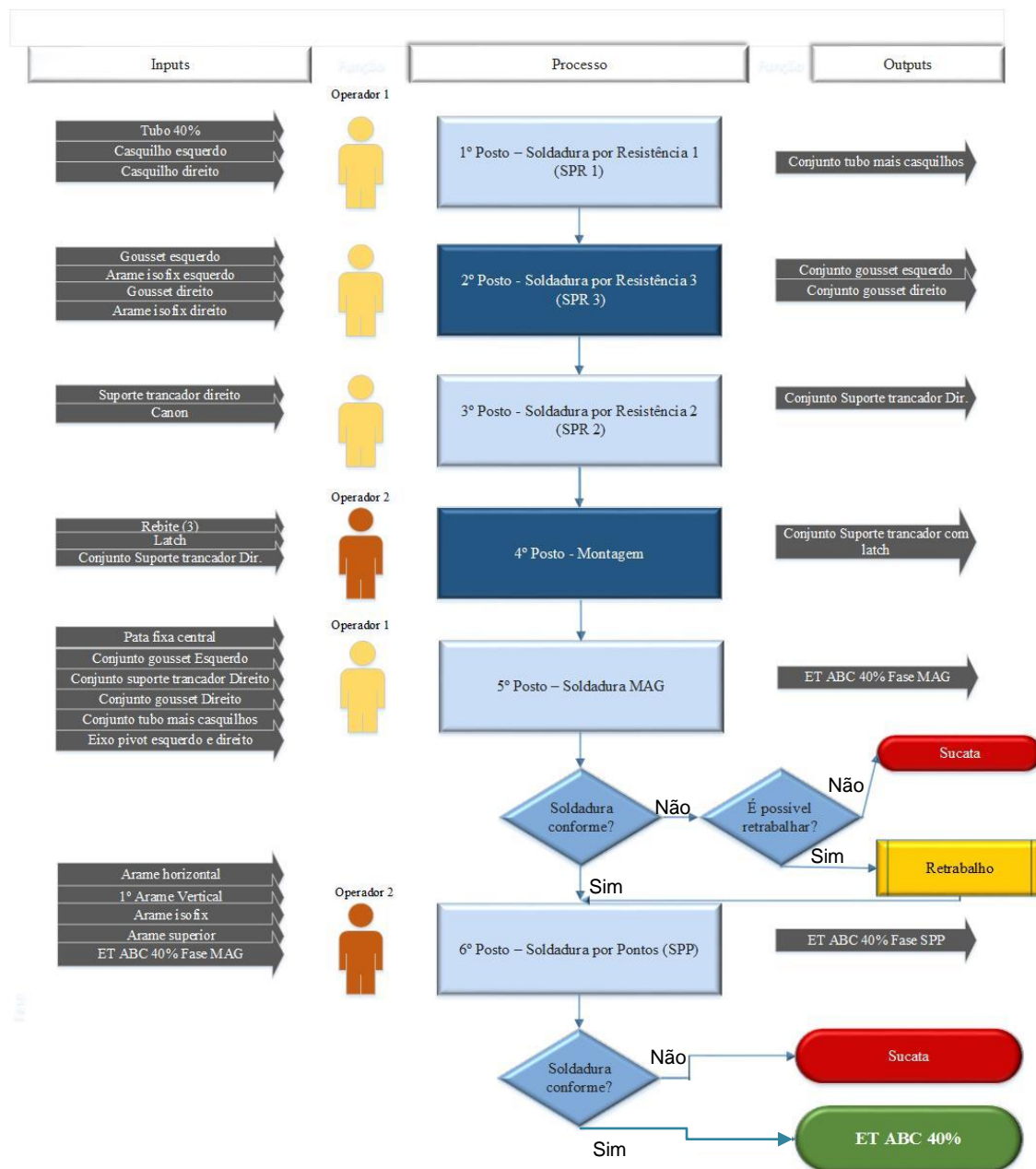


Figura 39 – Fluxo de processo do ET ABC 40%

O fluxo de processo do ET ABC 60% irá necessitar dos mesmos equipamentos que o ET ABC 40%, apenas os inputs e, conseqüentemente, os outputs, irão diferir. O fluxo encontra-se resumido na Figura 40.



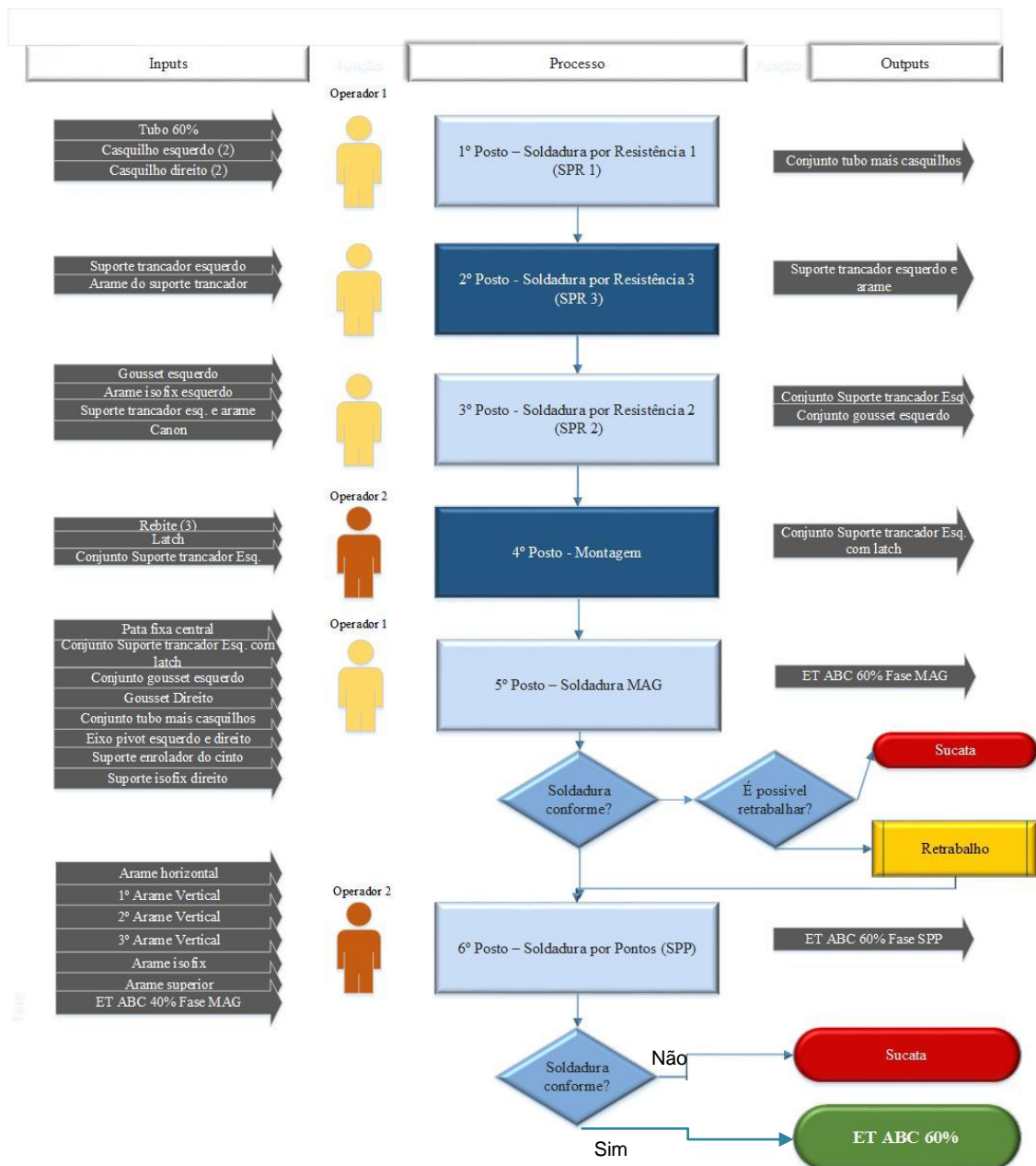


Figura 40 – Fluxo de processo do ET ABC 60%

#### IV.4.2. AMFE do Processo

##### IV.4.2.1. Análise Defeitos Internos e Externos e capacidades do processo ET ABC 100%

Foi realizada uma análise relativamente à ocorrência de falhas internas do ET 100% de modo a perceber quais os defeitos mais comuns internamente e filtrar os que podem ser reincidentes no novo tipo de encosto, com o intuito de a construção da AMFE de Processo conter informação dos problemas detetados internamente, externamente e capacidades do processo do ET ABC 100% e de seguida filtrar aqueles que são comuns aos novos projetos.

## Defeitos Internos na Soldadura MAG

Começou-se por estudar através de um diagrama de Pareto e curva ABC quais os defeitos internos a nível de cordões de soldadura MAG com maior incidência. Na Figura 41 é possível verificar que existem 5 cordões que representam mais de 50% do total de defeitos desde meio de Agosto de 2014 até final de Março de 2015, sendo eles os cordões números 103, 102, 110, 122 e 121, respetivamente por ordem decrescente de quantidade de defeituosos. Os defeitos relativos a estes cinco cordões, que representam cerca de 18,5% do total de cordões, representam cerca de 60% do total de defeitos de cordões de soldadura, sendo portanto a zona mais crítica da curva ABC.

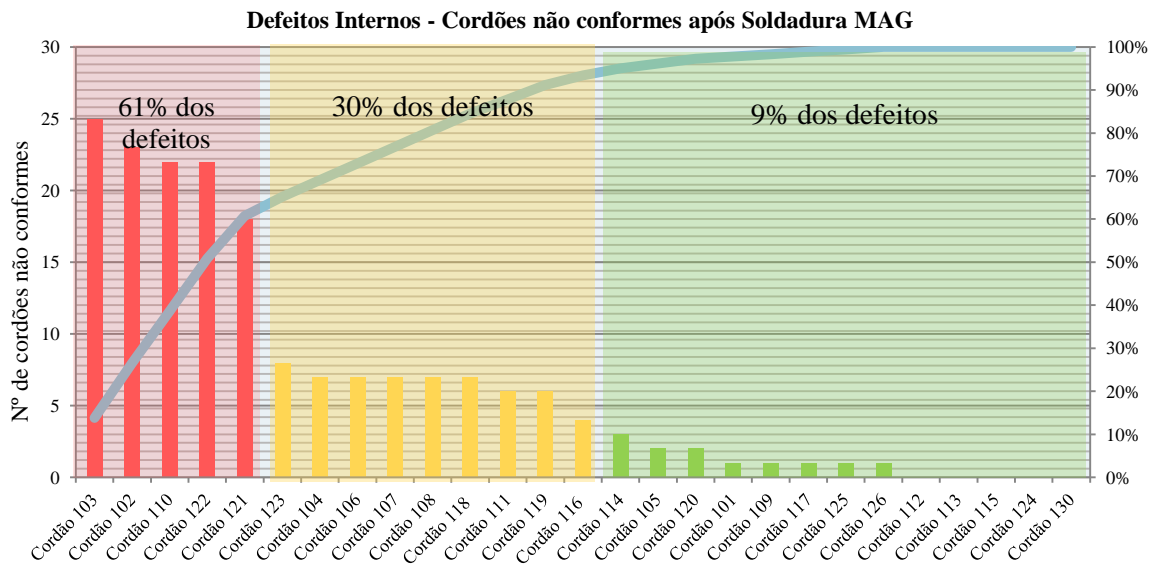


Figura 41 - Diagrama de Pareto dos defeitos internos da soldadura MAG

Para conseguir referir se estas mesmas falhas podem ou não ocorrer no novo produto foi necessário primeiramente definir as possíveis causas, analisá-las e tentar escolher a real causa.

A nível de não conformidades dos cordões existem sete defeitos possíveis: cordão (i) vazado, (ii) desviado, (iii) incompleto, (iv) poroso, (v) projeções de soldadura, (vi) falha de cordão e (vii) falha de arco. Na Tabela 6 encontram-se representado os defeitos e as causas que podem provocar o aparecimento das mesmas.

Tabela 6 – Relação entre defeitos nos cordões de soldadura e possíveis causas

Defeito	Causas									Impurezas
	Intensidad e da corrente	Tensão do arco	Stickout	Velocidad e de Soldadura	Posição da tocha incorreta	Gás de Proteção	Trajectoria incorreta	Entrega térmica	Ferramenta	
Cordão Poroso		Elevada	Elevado			X (falta)				Zona a soldar e junta
Projeções	Elevada	Elevada	Elevado							Zona da Junta
Falta de cordão	Baixa			Baixo			X	Baixa		Zona a soldar
Cordão Vazado	Elevada		Baixo	Baixo						
Cordão Desviado					X		X		Força dos grampos excessivos ou insuficiente; acessibilidade do robô à junta a soldar	
Cordão incompleto					Elevado					
Falha de arco		Baixo				X				



Neste posto existem dois robôs que soldam os cordões seguindo uma determinada sequência através da definição da origem e das coordenadas para cada zona onde se situam os cordões. A sequência de cordões realizadas por ambos os robôs encontram-se representadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Sequência de soldadura do posto MAG

Robô 1	Robô 2
103	123
102	122
101	121
<b>Rotação da mesa</b>	
116	117
<b>Rotação da mesa</b>	
120	115
130	118
110	107
105	114
113	106
104	109
111	124
119	126
118	125
112	

Nas Figuras 42, 43 e 44 encontram-se representadas as localizações dos cordões de soldadura no do encosto. Pode-se observar que os cordões 103, 102 permitem a união entre o suporte trancador esquerdo e o tubo superior; o 110 solda o *gousset* esquerdo ao tubo inferior e o 122 e 121 soldam o suporte trancador direito ao tubo superior.

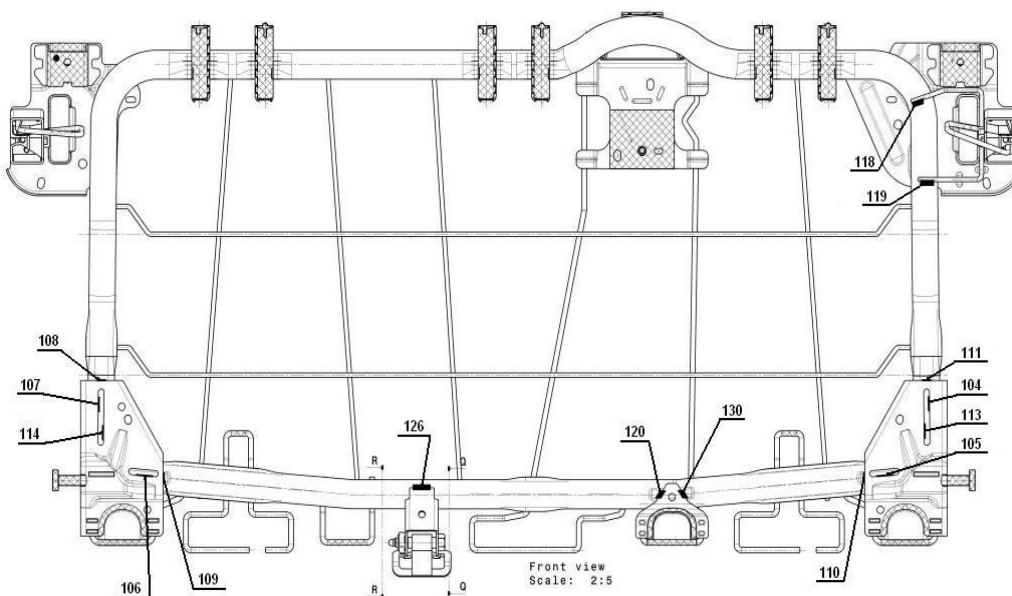


Figura 42 – Localização dos cordões de soldadura - Visão frontal

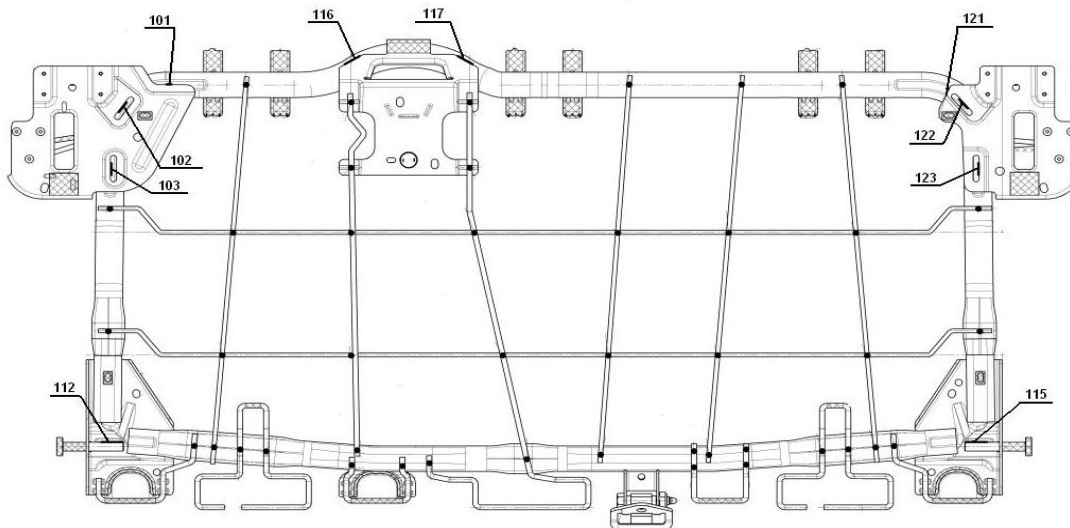


Figura 44 - Localização dos cordões de soldadura - Visão traseira

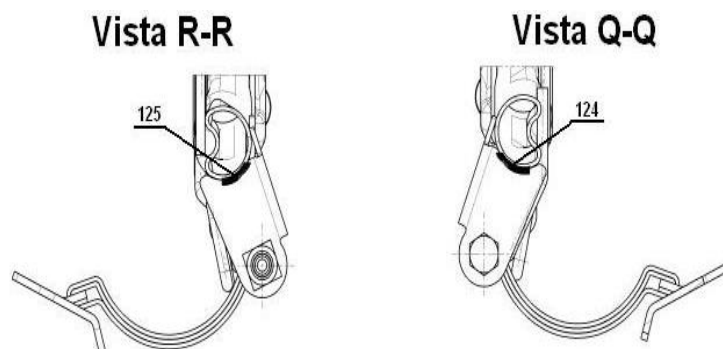


Figura 43 – Localização dos cordões de soldadura - Cortes R-R e Q-Q

Foi importante fazer uma análise da evolução destes defeitos ao longo das semanas. Nas Figuras 45, 46, 47, 48 e 49 encontram-se estas evoluções para os cinco cordões da zona A da curva ABC, cordão 103, 102, 110, 122 e 121 respetivamente por ordem decrescente de quantidade de defeitos.

Semanalmente são definidos os três cordões com maior incidência de defeitos e são definidos planos de ações para cada um deles. Todas estas ações são uma mais valia pois permitem uma melhoria contínua a curto prazo a nível de defeitos internos. Primeiramente decidiu-se analisar a evolução dos cordões semanalmente e as ações de melhoria efetuadas. Como referido anteriormente, os pares de cordões 103 e 102 e o par 122 e 121 soldam o mesmo subconjunto ao tubo superior e por isso foram analisados em conjunto pois ações de melhoria implementadas num deles têm influência direta no outro.

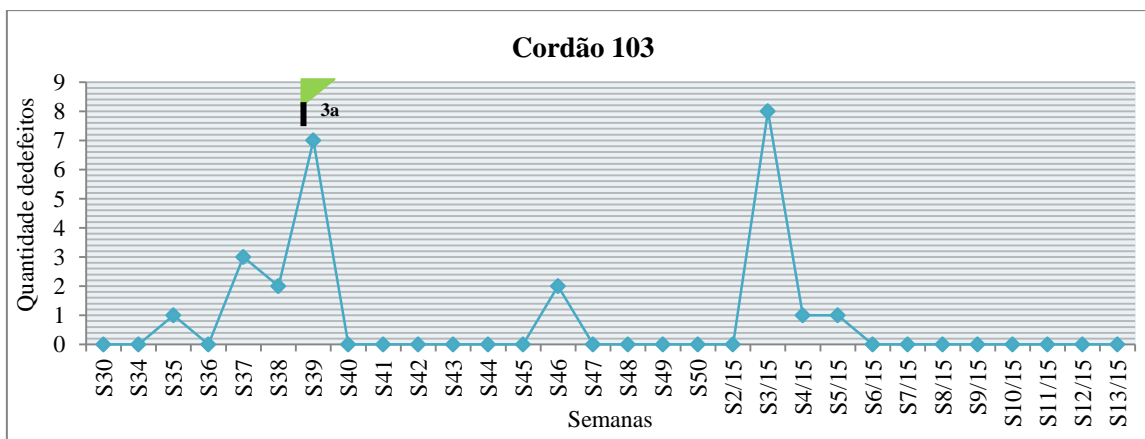


Figura 45 – Evolução ao longo do tempo do número de defeitos no cordão 103

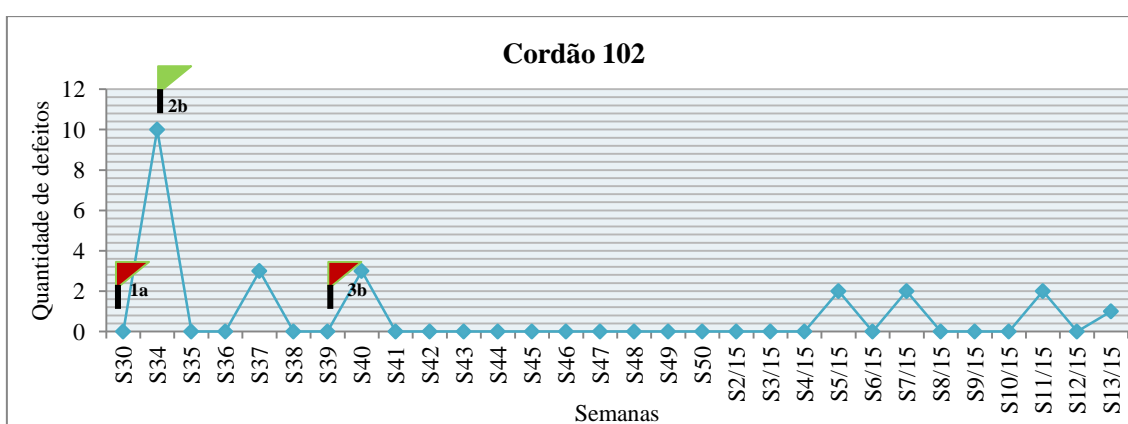


Figura 46 – Evolução ao longo do tempo do número de defeitos no cordão 102

Os cordões 103 e 102 são ambos no suporte trancador esquerdo. É possível observar dois períodos semelhantes em que ambos apresentam grande variabilidade, o primeiro entre a segunda quinzena de Agosto de 2014 até final de Setembro e o segundo partir do início de 2015 até à semana S13 para o cordão 102, tendo o cordão 103 estabilizado na semana S6. Ao analisar as ações de melhoria foram também incluídas intervenções no cordão 101, 118 e 119, pois também eles soldam o mesmo subconjunto ao tubo superior.

Na Figura 45 e 46 é possível observar umas bandeiras que se referem às intervenções nas ferramenta ou robô na zona deste subconjunto.

Na semana S30 foi feita uma diminuição a nível da velocidade do robô devido a problemas de penetração no cordão 101. Ao diminuir a velocidade, o robô tem um tempo de soldadura superior o que irá aumentar a penetração,. No entanto, este aumento do tempo de soldadura pode levar a que os cordões vazem. A alteração foi feita na semana S30 e no arranque pós férias de Verão, na semana S34, os parâmetros permaneceram os mesmos, aparecendo, nesta mesma semana, 10 encostos com o cordão 102 vazados. O Robô 1 inicia o processo de soldadura no cordão 103, passando depois para o 102, que já está termicamente quente devido a estar próximo do anterior, levando a que acabe por vazar devido ao tempo de soldadura ter aumentado.

Na semana S39 foram detetados vários encostos com falha do arco, surgindo a necessidade de substituir o guia do arame e de criar um ponto no programa para aquecer a zona onde irá ser dado o cordão para pré-aquecer o arame, de modo não evitar as falhas no arco. Esta alteração fez com que na semana S40 fossem produzidos três encostos com o cordão 102 vazado.

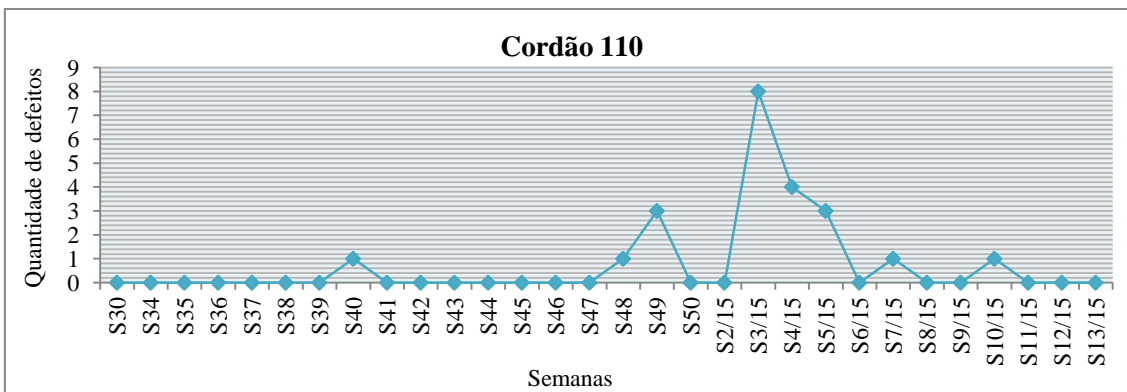


Figura 47- Evolução ao longo do tempo do número de defeitos no cordão 110

No cordão 110 houve uma elevada produção de defeitos a partir do final do ano 2014 até ao final de Janeiro de 2015.

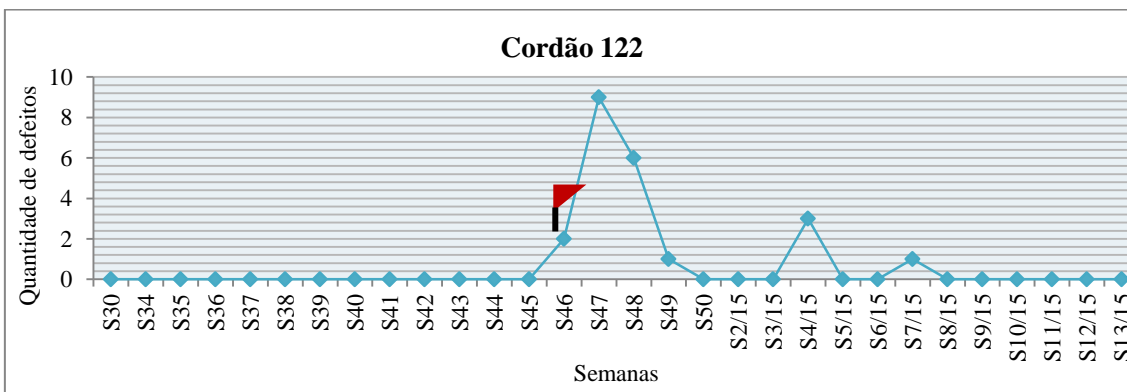


Figura 48 – Evolução ao longo do tempo do número de defeitos no cordão 122

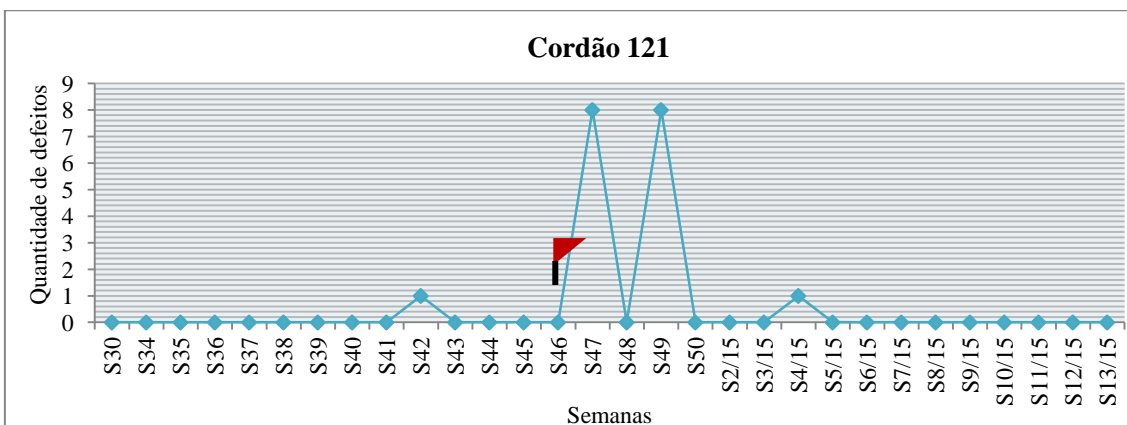


Figura 49 – Evolução ao longo do tempo de defeitos no cordão 121

Os cordões 122 e 121 são ambos do suporte trancador direito e, como observado nas Figuras 48 e 49 a sua altura crítica é comum, sendo entre as semanas S46 e S50. Na S46 foi detetado que o cordão 121 estava com falta de penetração através de análises macrográficas, e para corrigir foi necessário intervenções na ferramenta e no robô. Esta intervenção levou a um aumento abrupto do nível de não conformidades dos cordões 121 e 122. Os parâmetros foram repostos na semana S47 e conseguiu-se diminuir o nível de defeitos produzidos.

A partir de Janeiro houve grandes oscilações a nível de produção de defeitos em todos os cordões devido a intervenções da equipa de Investigação e Desenvolvimento para o estudo dos processos para o novo produto.

### Defeitos Externos – Reclamações e Alertas

Em termos de registo de defeitos internos, na S49 foi detetado um trancador direito com empeno, isto é na zona exterior do suporte trancador encontra-se ligeiramente inclinado para a frente, levando a um esforço de trancamento superior ao especificado.

No que diz respeito a reclamações e alertas feitos pelo cliente, estão descritas na Tabela 8, com a data e hora de produção do encosto.

Tabela 8 – Reclamações do cliente

Defeito	Reclamações	Rastreabilidade		Alertas	Rastreabilidade	
		Dia	Hora		Dia	Hora
Suporte Canon deformado e soldado fora de posição	2	27/6/2014 30/6/2014	14:57 21:01	0		
Esforço de trancamento superior ao especificado	1	06-11-2014	18:20	1	24-10-2014	08:20
Arame isofix soldado fora de posição	1 (com 6 peças)	18/11/2014 18/11/2014 22/11/2014 24/11/2014 25/11/2014	2:35 6:23 3:38 9:56 5:18	0		
Parafuso do suporte do cinto com resíduos de pintura	1	13/11/2014	15:11	0		

Relativamente à primeira reclamação, o cliente detetou um encosto em que o suporte canon tinha sido soldado fora de posição e mas no qual o diâmetro estava dentro de especificação e outro encosto em que o suporte canon tinha sido soldado na posição correta mas tinha um diâmetro inferior ao especificado, impossibilitando ao cliente a montagem de uma peça plástica (botão que aciona o *latch* para rebater o encosto). Este subconjunto é comum para o ET ABC 40% e 60% e portanto foi importante perceber se as causas tinham sido eliminadas. Ao analisar o histórico da reclamação e respetivos planos de ação, foi notória a definição de duas causas distintas para cada uma destas situações.

No primeiro caso, os quatro pontos e soldadura estavam fora do local especificado no desenho, o que iria, estanto todos os outros subconjuntos em posição correta, criar uma incompatibilidade entre a posição do suporte canon e o suporte trancador e todo o encosto. Apesar de ser possível a inserção da peça plástica por parte do cliente, a força necessária para rebater o encosto iria ser muito superior ao especificado. A origem temporal deste defeito foi anterior à soldadura, pois não havia marcas de queda. Após algumas análises foi possível reproduzir o defeito, soldando o suporte *canon* fora de posição, pois a ferramenta permitia alguma folga no suporte *canon* sem que fosse detetado pelo sensor. Foram feitas alterações na ferramenta para que não permitisse folgas no *canon* durante o processo de soldadura. Relativamente ao segundo caso, os cordões de soldadura estavam no local especificado, no entanto, o diâmetro do *canon* era inferior ao especificado. Neste caso, a causa detetada foi a queda do contentor, levando à deformação do *canon*. Relativamente a este modo de falha, as

ações implementadas aquando da reclamação permitiram reduzir drasticamente a sua ocorrência.

Em outubro foi feito um alerta por parte do cliente relativamente ao esforço de destrancamento superior ao especificado. Ao analisar o encosto, foi visível na zona do suporte trancador direito um empeno, encontrando-se este ligeiramente inclinado para a frente. Primeiramente verificou-se que os cordões de soldadura entre o suporte trancador e o tubo estavam no local especificado, logo excluiu-se a hipótese de este ter sido mal soldado. Foi então colado o encosto com defeito nos dois postos seguintes e verificou-se que não encaixava nas ferramentas devido ao defeito, o que excluiu o caso de ter sido provocado nos dois últimos postos. Considerando que é proibido retrabalhar peças após o terceiro posto (Soldadura MAG), concluiu-se que o defeito teve que ter sido criado após sair da linha de produção. O modo de falha encontrado foi então a queda do encosto, provocando esta deformação. Em novembro, foi encontrado mais um encosto com empeno, tendo sido feito uma reclamação com o mesmo problema. Nesta segunda reclamação foi analisado o processo mais pormenorizadamente. Verificou-se que, como o empeno era consideravelmente menor do que o do primeiro alerta, já era possível encaixar o encosto nos dois últimos postos, mas que se observava uma ligeira folga entre a parte de trás do suporte trancador e a ferramenta onde encaixa o encosto. Após algumas análises verificou-se que existia um modo de falha no posto de soldadura MAG que poderia provocar esta deformação. O encosto, após ser soldado, é sujeito a uma força por parte de uns extratores (localizados na zona dos furos dos suportes trancadores) que impulsionam ligeiramente o encosto para cima e o operador agarra no encosto pela zona rodeada a azul na Figura 50. Como o encosto não está totalmente solto da ferramenta, o operador tem que exercer alguma força para retirar o encosto. Como a zona onde é agarrado o encosto não está centrada e como o suporte trancador direito não tem o arame de reforço (ao contrário do suporte trancador esquerdo) torna-se mais propício a deformações. As ações de melhoria encontradas para este modo de falha foi a nível de engenharia, a alteração da altura a que o extrator eleva o encosto, fazendo com que o pino do extrator após a elevação esteja abaixo do nível do furo do suporte trancador e a alteração da instrução de trabalho do operador para que este, ao agarrar o encosto, o fizesse pela zona a verde visível na Figura 50. O suporte trancador direito do ET ABC 100% é comum ao ET ABC 40%, no entanto, devido à estrutura do encosto este modo de falha não existe, pois a geometria do encosto sendo mas pequena, o operador terá que agarrar na zona superior em cima e não exercerá pressão no suporte trancador.

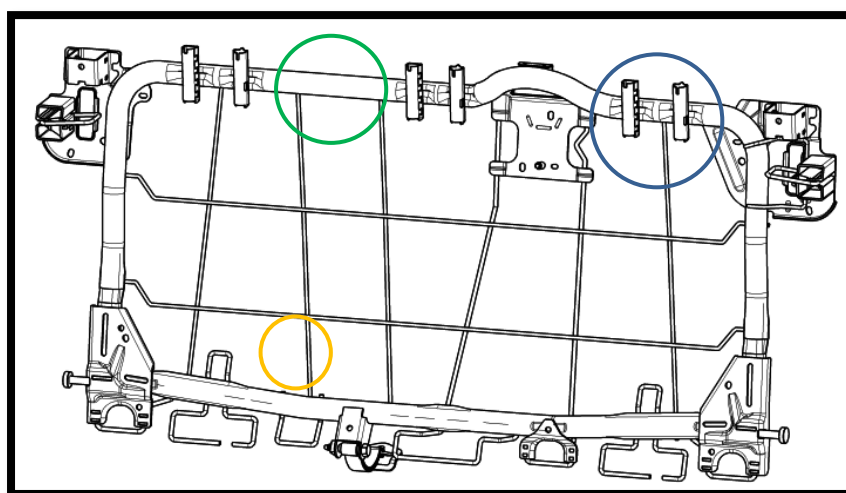


Figura 50 – Ajuda visual para instrução de trabalho do ET ABC 100%

O arame *isofix* que levou a uma reclamação devido a ter sido soldado fora de posição foi o rodeado a amarelo na Figura 50. Este arame não existe em nenhum dos novos produtos, não sendo relevante para o relatório o estudo desta reclamação.

A reclamação de resíduos de tinta no parafuso do suporte de cinto poderá corresponder a um modo de falha para o ET ABC 60%. Como o processo de pintura não faz parte desta GAP, foi definido como plano de ações, a inserção de novos filtros no processo de pintura para impedir a passagem de resíduos para o encosto e, como meio de controlo já na GAP do ET ABC 100%, foi acrescentado, nas instruções de trabalho e no plano de controlo, um controlo adicional em que o operador, ao realizar a montagem no último posto, verifica manualmente se existem resíduos. Este controlo terá que ser também efetuado para o novo produto ET ABC 60%.

### Capacidades do processo

Periodicamente são medidas em 3D todas as características especiais a nível dimensional no ET ABC 100%. De modo, ao analisar a estabilidade do processo produtivo calcularam-se as capacidades do processo,  $C_p$  e  $C_{pk}$ , analisando separadamente as características de segurança e regulamentação em que ambos os valores, segundo diretivas do Grupo ESA, têm que ser superior a 1,67 e as características funcionais cujos valores deverão ser superiores a 1,33.

Na Figura 51 encontra-se o gráfico com as capacidades do processo das especificações funcionais (valores presentes no Anexo II), primeiro valor de cada especificação corresponde ao  $C_p$  e o segundo ao  $C_{pk}$ , é também possível observar o limite de 1,67 através de uma linha delimitando o mínimo especificado para todas as capacidades. Os valores usados foram a partir do início do ano 2015.

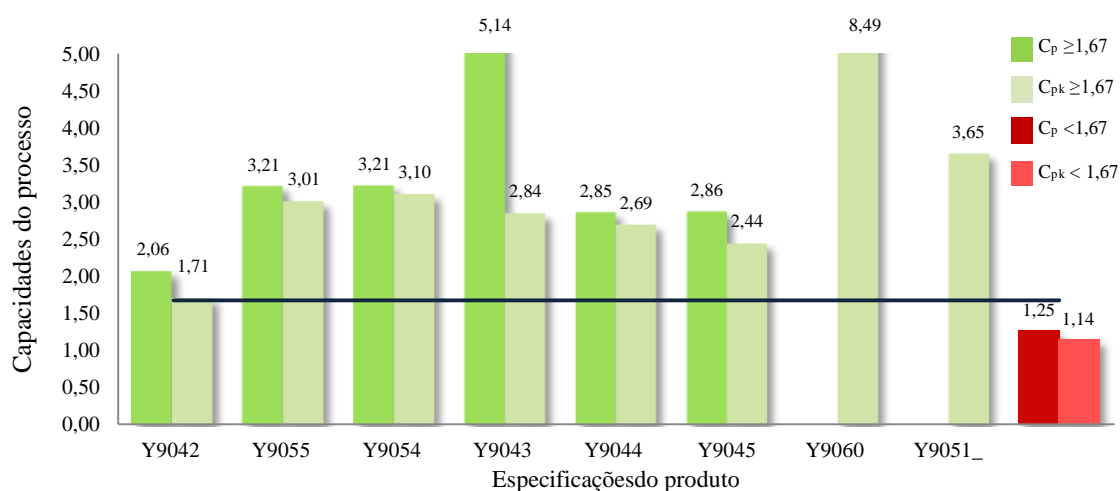


Figura 51 - Gráfico das capacidades do processo das características de segurança e regulamentação

É possível observar que apenas uma característica não cumpre o mínimo especificado. Foi então analisado este característica mais detalhadamente.

Esta especificação tem um valor nominal de 23,9 mm e uma tolerância de 2,5 mm em ambos os sentidos e refere-se ao empeno do suporte trancador direito (suporte que não tem o arame). É medida com o ET preso nos dois *goussets* e na zona superior pelo suporte trancador esquerdo, verificando-se qual a distância entre o apoio e o suporte trancador direito. Anualmente a empresa tem que enviar alguns documentos do Plano de Aprovação do Peças de Processo (PPAP) ao cliente, desde relatórios dimensionais atualizados, certificados de materiais recentes até às capacidades do processo. No final do ano foram calculadas estas capacidades e concluiu-se que havia a necessidade de ações de melhoria relativamente à última especificação (23,9 ±

2,5 mm). Em Janeiro foram estudadas as possíveis ações de melhoria e, entre o fim deste mês e meio de Fevereiro foram feitas várias intervenções no posto de soldadura MAG. Após as intervenções por parte da Engenharia analisou-se se efetivamente as ações tinham resultado em melhoria para característica em causa, ou não.

É fundamental avaliar as ações de melhoria implementadas e verificar através de dados quantitativos se efetivamente as ações foram ou não bem-sucedidas (valores dos relatórios da especificação de 23.9 mm no Anexo II a amarelo são os valores durante a intervenção; valores no Anexo III estão representados os valores antes da intervenção; valores da última especificação no Anexo II após a zona a amarela estão representados os valores após a intervenção).

Existem variados testes que podem ser efetuados para fazer esta análise dependo de qual fosse o objetivo de determinada ação. Um dos objetivos do estudo é conseguir que o processo seja capaz de produzir peças conformes para todas as características de segurança e regulamentação. Irá ser necessário analisar as médias e desvios padrões antes e depois das ações de melhoria.

Decidiu-se proceder a um Teste F para analisar se a variabilidade se manteve igual ou se diminuiu quando comparando os valores antes e depois da intervenção (valores durante a intervenção não foram incluídos na análise). Antes de se fazer o teste T foi necessário verificar se as amostras seguem ou não uma distribuição normal de modo a perceber se a média e o desvio padrão descrevem totalmente a distribuição, foi para isso usado o teste Kolmogorov-Smirnov. Definiu-se com um nível de significância de 5% as seguintes hipóteses:

$H_0$ : Os valores da característica seguem uma distribuição Normal;

$H_1$ : Os valores da característica não seguem uma distribuição Normal;

**Tabela 9 – Resultados ao teste da normalidade (K-S Lillefors) da distribuição**

	$\bar{x}$	$\sigma^2$	valor de p	Resultado
<b>Amostra 1 (antes das intervenções)</b>	23,901	0,964	0,881	<b>Não se rejeita <math>H_0</math></b>
<b>Amostra 2 (depois das intervenções)</b>	24,160	0,322	0,999	<b>Não se rejeita <math>H_0</math></b>

É possível observar na Tabela 9 que sendo o p superior ao nível de significância, não é possível rejeitar a hipótese nula. É possível, assim, afirmar que ambas as características seguem uma distribuição próxima da normal e por isso é possível a utilização do Teste F para analisar se a variância se manteve ou se diminuiu após a intervenção.

Para analisar se as intervenções efetuadas levaram a uma alteração ao nível da variância, o teste que mais apropriado é o teste F.

Foi primeiramente definido o  $H_0$  e  $H_1$ . A primeira hipótese afirma que não há diferenças significativas entre a variância dos valores da característica antes e depois das intervenções, e a segunda que após as intervenções a variância é inferior quando comparado com o período anterior.

$$H_0: \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = 1$$

(Equação 5)

$$H_1 : \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} > 1$$



Na Tabela 10 é possível observar os *outputs* do teste. São apresentadas estatísticas descritivas como as médias e as variâncias amostrais, o número de observações que foi possível obter<sup>11</sup>, e os valores do teste F. O valor de *p* é inferior ao nível de significância (definido como 5%) e, por isso, rejeita-se  $H_0$ , podendo afirmar-se que a variância dos valores da característica antes das intervenções é superior à variância dos valores da característica depois das intervenções. Conclui-se, portanto, que as intervenções efetuadas diminuíram significativamente a variabilidade do processo.

Tabela 10 – Teste F à diferença de variâncias antes e depois das intervenções

	Variável 1 (antes das intervenções)	Variável 2 (depois das intervenções)
<b>Média</b>	23,901	24,160
<b>Variância</b>	0,964	0,322
<b>Número de observações</b>	23	20
<b>gl</b>	22	19
<b>F</b>	2,997	
<b><i>p</i> (F&gt;=f) unilateral</b>	0,009	
<b>F crítico unilateral</b>	2,133	

Apesar de ter melhorado o nível de variabilidade é necessário verificar se variou o nível de média para concluir se as modificações foram ou não vantajosas.

Para avaliar se existe ou não diferenças significativas em termos de médias pode ser usado o teste T. Para que seja possível a utilização deste teste é necessário assumir que as amostras são independentes e que ambas seguem uma distribuição normal, fator que já foi provado anteriormente.

Foi efetuado um teste T para analisar se as médias das amostras são ou não significativamente diferentes. Semelhantemente ao teste anterior, foram definidos as duas hipóteses a serem analisadas, neste caso a hipótese nula afirma que não há diferenças significativas nas médias e a hipótese alternativa afirma que existem diferenças significativas entre médias.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 \quad \text{(Equação 6)}$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

Na Tabela 11 são apresentados os *outputs* do teste T. O teste é bilateral pois apenas se pretende perceber se há diferenças significativas na média. O valor de *p* obtido é de 0,29, sendo este superior ao nível de significância e por isso não se pode rejeitar a hipótese nula, não se podendo afirmar que existem diferenças significativas nas médias dos valores da característica antes e depois das intervenções.

<sup>11</sup> Amostra 1 contém valores desde início de Outubro de 2014 até fim de Janeiro de 2015; Amostra 2 contém valores desde início da semana 7 de 2015 até o fim da semana 20.

Tabela 11 Teste T à diferença de médias

	Variável 1 (antes das intervenções)	Variável 2 (depois das intervenções)
<b>Hipótese de diferença de média</b>	0	
<b>gl</b>	36	
<b>Stat t</b>	-1,075	
<b><math>\rho</math> (T&lt;=t) bilateral</b>	0,290	
<b>t crítico bilateral</b>	2,028	

Após esta análise concluiu-se que as intervenções efetuadas foram bem-sucedidas, a média antes e depois da intervenção não tem diferenças significativas e conseguiu-se diminuir a variabilidade do processo. É possível, ainda, calcular as capacidades do processo antes e depois das intervenções. Na Tabela 12 apresentam-se estas capacidades, onde é possível observar que existe uma clara melhoria.

Tabela 12 - Capacidades do processo antes e depois das intervenções

	$C_p$	$C_{pk}$
<b>Amostra 1 (antes das Intervenções)</b>	0,868	0,867
<b>Amostra 2 (depois das Intervenções)</b>	1,507	1,351

Esta especificação está relacionada com uma das reclamações do cliente que, inicialmente, se pensava estar apenas relacionada com o modo como o operador retirava o encosto da ferramenta e com a altura dos extratores do lado do suporte trancador direito. Foi então analisado que a especificação de 23,9 mm é medido quando o encosto está deitado para baixo numa mesa e fixo em três pontos, no suporte trancador esquerdo, *gousset* direito e *gousset* esquerdo, ficando apenas livre o suporte trancador direito e onde irá ser medida a altura a que esta fica até atingir a mesa. Se esta característica estiver acima ou abaixo dos limites de especificação, o suporte trancador estará deformado, dando origem a que seja necessário um esforço superior ao especificado para destrancar.

Esta característica é comum para os novos produtos, sendo por isto necessário o controlo desta mesma, através de medições periódicas do valor (dependendo da fase de produção, a periodicidade de medição varia). Caso as ferramentas estejam a produzir peças não conformes, será realizado um plano de ações com vista a implementar correções, podendo tirar-se ilações das ações já implementadas para o ET ABC 100% que, como observado nos cálculos anteriores, foram bem-sucedidas.

No que diz respeito às características funcionais, a política da empresa refere que a capacidade do processo deve ser superior a 1,33, que corresponde a produzir 99,9% de produtos conformes.

Na Figura 52 estão representados os valores dos índices  $C_p$  e  $C_{pk}$  relativos às características funcionais, sendo em cada especificação a primeira coluna o  $C_p$  e a segunda o  $C_{pk}$ , estando ainda representado o limite inferior de 1,33 que todas as características devem ultrapassar (valores dos relatórios representados no Anexo IV, tabela 16). A vermelho estão os valores de capacidades inferiores a 1,00 e a amarelo valores entre 1,00 e 1,32.

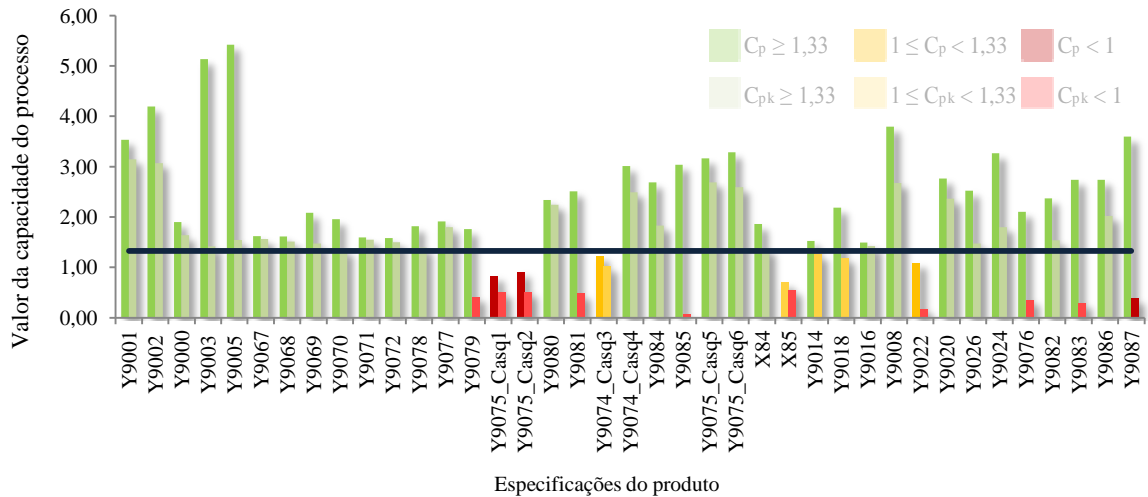


Figura 52 - Capacidades do processo das características funcionais

De modo a analisar convenientemente os casos em que ainda não se atingiu o limite mínimo de capacidade de processo, filtraram-se estas mesmas, eliminando, do gráfico, as características que já estão estabilizadas. É importante referir que mesmo estas têm que ser periodicamente revistas para controlar se se mantêm constantes ou se é necessário criar um plano de ações.

Na Figura 53 pode observar-se o novo gráfico, onde apenas estão representadas as características que têm pelo menos o  $C_{pk}$  inferior ao valor limite.

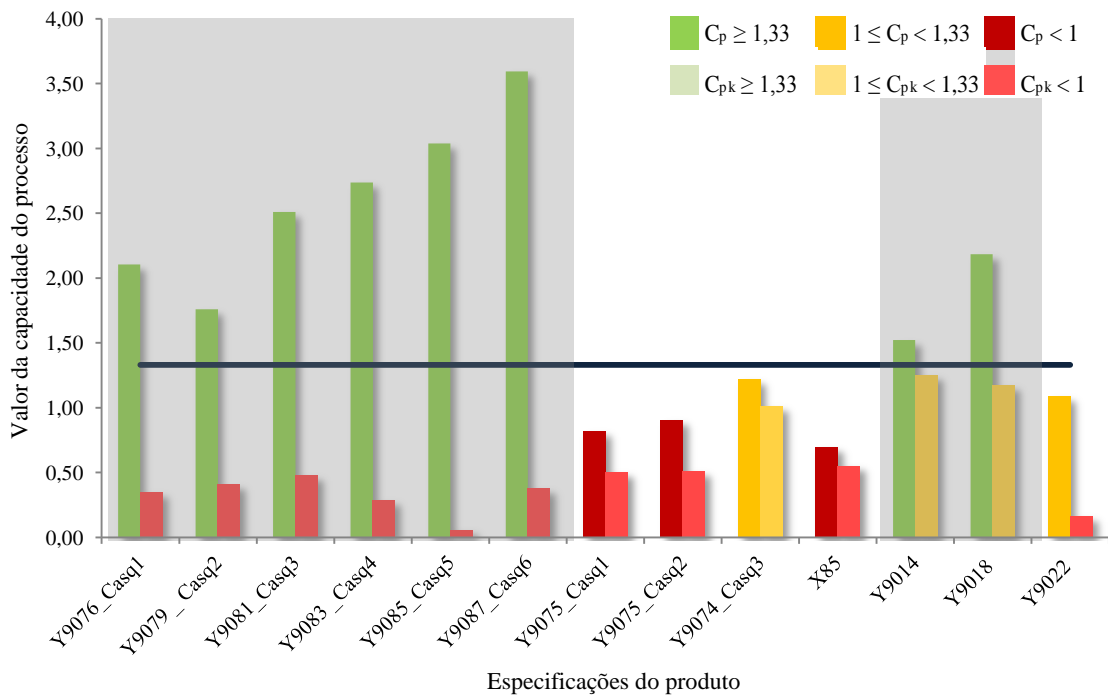


Figura 53 – Capacidades do processo abaixo do especificado para características funcionais

Ao analisar a Figura anterior conclui-se que existem dois casos distintos de resultados e que devem ser analisados de formas diferentes.

O primeiro é quando o valor de  $C_p$  está acima do limite inferior mas o  $C_{pk}$  está abaixo (casos dentro dos retângulos a cinzento na Figura). Nestas situações, o processo tem potencial de atingir valores de produção de produtos conformes extremamente favoráveis mas não o está a fazer porque o processo não está centrado. Nestes casos a solução mais imediata será analisar se é exequível calibrar a ferramenta de modo a centrar o processo (é sempre necessário verificar se esta calibração não afetará outras características).

As especificações Y9076, Y9079, Y9081, Y9083, Y9085 e Y9087 dizem respeito à distância entre o centro de cada casquilho, respetivamente, e do centro do eixo *pivot* na horizontal. Neste caso esta distância poderia ser consequência do mau posicionamento na horizontal dos casquilhos perante o tubo ou do eixo *pivot*.

Os últimos dois casos, Y9014 e Y9018, dizem respeito distância na horizontal entre o centro do arame *isofix* do *gousset* direito e o do eixo *pivot* (vista de frente) e distância na horizontal entre o centro do arame *isofix* do lado direito (ver Figura 19) e o centro do eixo *pivot* (vista de frente), respetivamente. As dimensões têm em comum a influência da posição do centro do eixo *pivot*, e por esta razão o primeiro passo para analisar estas capacidades seria verificar se o eixo está ou não a ser soldado na posição correta.

A segunda situação é quando ambos os valores de  $C_p$  e  $C_{pk}$  estão inferiores ao limite. Nestes casos o processo está a produzir peças com muita variabilidade a nível dessa característica sendo primeiramente necessário analisar o porquê desta grande variância. Razões como intervenções sucessivas na ferramenta, necessidade de manutenção preventiva ou de limpeza da ferramenta com maior frequência, podem ser apontadas para esta grande variabilidade. Só depois de estabilizar o processo se deve atuar sobre o centrar da característica.

#### **IV.4.3. Plano de Controlo (PC)**

O plano de controlo é normalmente uma ferramenta construída com os *outputs* obtidos da AMFE. Sendo este um produto semelhante a um já existente, foi não só analisado o PC do ET ABC 100%, mas também estudados os defeitos internos, as reclamações e as capacidades do processo, para que identificar aqueles que podem ter impacto no novo produto.

Na Tabela 13 encontram-se alguns dos pontos que terão que estar presentes no Plano de Controlo do ET ABC 40% e 60% considerados chave a nível do produto, detetados através dos defeitos internos, dos *outputs* das reclamações, e das capacidades de processo. Como referido anteriormente o plano de controlo tem que conter alguma informação chave, como a descrição do controlo, a máquina onde é efetuado, se é uma característica do produto ou processo, se é uma característica de segurança e regulamentação ou funcional, a especificação e tolerância, o método que deverá ser utilizado para controlar, onde e como deve ser feito o registo dos resultados e se existe ou não *Poka-Yoka*, o responsável do controlo e o modo de reação em caso de defeito. Na coluna correspondente ao número (3ª coluna da Tabela 13), as primeiras letras correspondem ao posto e de seguida por ordem crescente números inteiros (para facilitar a leitura os números estão por ordem, não correspondendo aos números do Plano de Controlo real que inclui mais algumas linhas que não foram escolhidas para apresentar no relatório de modo a não se tornar muito extenso).

Tabela 13 – Plano de Controlo para o ET ABC 40% e 60%

Process description	Machines, jigs, Fixtures, Tools or Manufacture	Characteristics			Class, Special Characteristics	Specification & Tolerance	Methods				Who	Process / Products Reaction plan	
		N°	Product	Process			Inspection method	Sample		Record			Poka Yoke
								Size	Frequency				
Soldadura SPR do tubo 40% e 60% e dos casquilhos apoio de cabeça	SPR1	<b>SPR1.1</b>		Conformidade da soldadura		Verificar a conformidade dos 6 pontos SPR para o ET ABC 40% e 12 pontos SPR para o ET ABC 60% através do valor de força especificado em desenho: 160 Nm mínimo (Limite de controlo processo na carta de seguimento: 170 Nm mínimo) Presença de todos os pontos SPR, aspeto (ausência de fissuras) e posição.	1ª Peça Ok produto	1	Início turno por turno	Gráfico de seguimento de processo		Líder da GAP	Se detetar Pontos fora dos limites de controlo deve: - Alertar de imediato o Supervisor ou o QPP <sup>12</sup> . - As ações corretivas tomadas devem ficar registadas no plano de ações colocado nos quadros SPC, específico para estas situações Se detetar Pontos fora do limite de especificação deve: - Parar de imediato as cargas para o cliente - Parar de imediato a produção - Alertar de imediato o Supervisor e QPP para se iniciar a triagem do material bloqueado - Abrir um alerta na linha <sup>13</sup>
Soldadura SPR do tubo 40% e 60% e dos casquilhos apoio de cabeça	SPR1	<b>SPR1.2</b>		Conformidade da soldadura		Verificar o diâmetro dos 2 casquilhos apoio de cabeça para o ET ABC 40% E 4 para o ET ABC 60% ao longo de todo o comprimento dos casquilhos, após soldadura com calibres (Ref.28222026-02): Diâmetro 25 mm +/- 0.15 na zona A diâmetro 25 (+0.15 / -0.3) na zona B	1ª Peça Ok produto	1	Início de turno por turno	Registo na 1ª peça Ok		Líder da GAP	A 1ª Peça OK só está validada após todos os ensaios funcionais, dimensionais, destrutivos e respetivos registos de 1ª Peça OK Produto. Em caso NOK: - Parar de imediato as cargas para o cliente - Parar de imediato a produção - Bloquear toda a produção considerada suspeita (desde a última validação OK) - Alertar Supervisor e QPP para iniciarem triagem ao material bloqueado - Abrir um alerta na linha Até a 1ª Peça OK estar validada toda a produção é suspeita

(continua na página seguinte)

<sup>12</sup> Qualidade produto e processo é a pessoa responsável pelos processos mais operacionais ligados à qualidade do produto e processo e que tem grande conhecimento prático do produto.

<sup>13</sup> O alerta é seguido pelo Líder da GAP, supervisor, QPP e outros responsáveis pelas áreas interessadas de modo a obter a causa raiz do problema, ações de correção e prevenção.

Process description	Machines, jigs, Fixtures, Tools or Manufacture	Characteristics			Class, Special Characteristics	Specification & Tolerance	Methods				Who	Process / Products Reaction plan	
		Nº	Product	Process			Inspection method	Sample		Record			Poka Yoke
								Size	Frequence				
Soldadura SPR do tubo 40% e 60% e dos casquilhos apoio de cabeça	SPR1	SPR1.3		Conformidade da soldadura		<p>Verificar a conformidade dos 6 pontos SPR para o ET ABC 40% e 12 pontos SPR para o ET ABC 60% e ausência de salpicos no interior e exterior dos casquilhos apoio de cabeça e ausência de deformações.</p> <p>OK:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ausência de projeções de soldadura</li> <li>- Ausência de casquilhos deformados</li> <li>- Todos os casquilhos agarrados ao tubo</li> </ul> <p>NOK:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Projeções de soldadura nos casquilhos</li> <li>- Casquilhos deformados.</li> <li>- 1 ou mais casquilhos não agarrados ao tubo.</li> </ul>	Autocontrolo (visual de acordo com área definida na peça padrão a dourado)	Todas as peças	100%	De acordo com SW do posto SPR1	Líder da GAP	<p><b>Operador do posto:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Identificar a peça com abraçadeira vermelha;</li> <li>2- Colocar subconjunto no carro de não conformes;</li> <li>3- Preencher o registo de Não Conformes e seguir a regra de paragem do defeito definida nesse registo.</li> </ol> <p><b>Líder da GAP:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 - Analisar peça rejeitada.</li> <li>2 - Se tiver projeções de soldadura, proceder de acordo com SW de retrabalho.</li> <li>3 - Se faltar um ou mais casquilhos ou se o casquilho estiver deformados, sucatar a estrutura.</li> </ol>	
Soldadura SPR dos suportes <i>canon</i> aos suportes do trancador esquerdo (ET ABC 60%) e direito (ET ABC 40%)	SPR2	SPR2.1		Conformidade da soldadura		<p>Verificar o interior do suporte <i>canon</i> ao longo de todo o seu comprimento, após soldadura com calibre: 282220352 Cota 52 mm (+0.4 / 0)</p>	1ª Peça Ok produto	1	Início de turno por turno	Registo na 1ª peça Ok	Líder da GAP	<p>A 1ª Peça OK só está validada após todos os ensaios funcionais, dimensionais, destrutivos e respetivos registos de 1ª Peça OK Produto.</p> <p>Em caso NOK:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parar de imediato as cargas para o cliente</li> <li>- Parar de imediato a produção</li> <li>- Bloquear toda a produção considerada suspeita (desde a última validação OK)</li> <li>- Alertar Supervisor e QPP para iniciarem triagem ao material bloqueado</li> <li>- Abrir um QRCI Linha</li> </ul> <p>Até a 1ª Peça OK estar validada toda a produção é suspeita</p>	

(continua na página seguinte)


Process description	Machines, jigs, Fixtures, Tools or Manufacture	Characteristics			Class, Special Characteristics	Specification & Tolerance	Methods					Who	Process / Products Reaction plan
		Nº	Product	Process			Inspection method	Sample		Record	Poka Yoke		
								Size	Frequence				
Soldadura SPR dos suportes <i>canon</i> aos suportes do trancador esquerdo (ET ABC 60%) e direito (ET ABC 40%)	SPR2	SPR2.2	Posição do suporte Canon		Detetar a correta posição do suporte Canon, garantir que não está invertido	1ª Peça Ok produto  Sinal do PLC (Programmable logic controller)	1  Todas as peças	Início de turno por turno  100%	Registo de validação de arranque de posto Instrução de validação de PKY	Poka-Yoke 0004	Operador  Automático	<p><b>Em caso de Poka-Yoke Nok:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informar de imediato o Líder da GAP ou Supervisor ou o QPP</li> <li>- Identificar o status do Poka-Yoke a vermelho</li> <li>- Registrar a avaria na folha de avarias</li> <li>- Solicitar de imediato a presença do Supervisor / QPP e da Engenharia.</li> <li>- Verificar stock até à última validação do Poka-Yoke.</li> <li>- Verificação visual e marcação com pinta a 100%.</li> <li>- Registo de traçabilidade das peças produzidas em modo degradado.</li> </ul>	
Soldadura dos suportes do trancador esquerdo (ET ABC 60%) e direito (ET ABC 40%)	MAG	MAG.1	Aspetto, quantidade, posição e comprimento dos cordões		<p><b>Soldadura do suporte trancador esquerdo ao tubo no ET ABC 60%:</b></p> <p>2 Cordões nº 118 e 119 de comp. 11+4 mm</p> <p>3 cordões nº 101, 102 e 103 de comp. 21+4 mm</p> <p><b>Soldadura do suporte trancador direito ao tubo no ET ABC 40%:</b></p> <p>1 Cordão nº 121 de comp. 11+4mm</p> <p>2 cordões nº 122 e 123 de comprimento 21+4mm</p> <p>Marcar com pinta. Presença de todos cordões de soldadura;</p> <p><b>Aspetto:</b> Ausência de poros, fissuras, cordões vazados, falta de fusão, projeções, cordões incompletos.</p> <p><b>Posição:</b> cordões desviados</p> <p>Ausência de salpicos nas áreas assinaladas a dourado na peça padrão.</p>	1ª Peça Ok produto (régua, paquímetro)	1 Peça	Início de turno por turno	Regras de aceitação do processo MAG: Registo da 1ª peça Ok produto;		Líder da GAP	<p>1ª Peça OK só está validada após todos os ensaios funcionais, dimensionais, destrutivos e respetivos registos de 1ª Peça OK Produto.</p> <p>Em caso NOK:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Parar de imediato as cargas para o cliente</li> <li>- Parar de imediato a produção</li> <li>- Bloquear toda a produção considerada suspeita (desde a última validação OK)</li> <li>- Alertar Supervisor e QPP para iniciarem triagem ao material bloqueado</li> <li>- Abrir um alerta na linha</li> </ul> <p>Até a 1ª Peça OK estar validada toda a produção é suspeita</p>	

(continua na página seguinte)





Process description	Machines, jigs, Fixtures, Tools or Manufacture	Characteristics			Class, Special Characteristics	Specification & Tolerance	Methods				Who	Process / Products Reaction plan	
		N°	Product	Process			Inspection method	Sample		Record			Poka Yoke
								Size	Frequence				
Soldadura dos suportes do trancador esquerdo (ET ABC 60%) e direito (ET ABC 40%)	MAG	MAG.2		Aspeto, quantidade, posição e comprimento dos cordões		<p><b>Soldadura do suporte trancador esquerdo do ET ABC 60% ao tubo:</b></p> <p>2 Cordões nº 118 e 119 de comp. 11+4 mm</p> <p>3 cordões nº 101, 102 e 103 de comp. 21+4 mm</p> <p><b>Soldadura do suporte trancador direito do ET ABC 40% ao tubo:</b></p> <p>1 Cordão nº 121 de comp. 11+4mm</p> <p>2 cordões nº 122 e 123 de comp. 21+4mm</p> <p>Marcar com tinta</p> <p><b>OK</b></p> <p>- Presença de todos cordões de soldadura;</p> <p>- Ausência de poros, fissuras, cordões vazados, cordões desviados, falta de fusão, projeções, cordões incompletos. Ausência de salpicos nos furos oblongos do suporte trancador direito e esquerdo junto ao cordão 102 e 122, no interior e zona de clipagem do canon e na zona inferior, por baixo da "janela" retangular no trancador esquerdo e direito, de acordo com as áreas assinaladas a dourado na peça padrão.</p> <p><b>NOK</b></p> <p>- Ausência do cordão de soldadura;</p> <p>- Presença de poros, fissuras, cordões vazados, cordões desviados, falta de fusão, projeções, cordões incompletos.</p>	Autocontrolo (visual)	Todas as peças	100%	De acordo com SW do posto e Regras de aceitação do processo MAG:	Operador	<p><b>Caso seja possível retrabalhar:</b></p> <p>Obedecer o circuito de Não-Conformes definido na GAP</p> <p><b>Operador do posto:</b></p> <p>1 - Colocar uma abraçadeira vermelha no trancador.</p> <p>2 - Colocar uma pinta vermelha na zona do defeito</p> <p>3 - Preencher o registo de Não Conformes SAA-F-PSS-0257 e seguir a regra de paragem ao defeito definida nesse registo.</p> <p>4- Colocar a peça no carro zebrado.</p> <p><b>Líder da GAP:</b></p> <p>1- Proceder ao retrabalho de acordo com SW do retrabalho</p> <p><b>Caso não seja possível retrabalhar:</b></p> <p>- Fissuras em 1 ou mais cordões</p> <p>- Soldadura vazada em todo o comprimento</p> <p>Sucatar a peça:</p> <p><b>Operador do posto:</b></p> <p>1 - Pintar a zona do defeito com tinta vermelha</p> <p>2 - Preencher o registo de Não Conformes e seguir a regra de paragem ao defeito definida nesse registo.</p> <p><b>Líder da GAP:</b></p> <p>1- Colocar a peça no contentor da sucata e proceder ao seu registo no documento de Rejeição-circuito de não -conformes;</p>	

(continua na página seguinte)



Process description	Machines, jigs, Fixtures, Tools or Manufacture	Characteristics			Class, Special Characteristics	Specification & Tolerance	Methods				Who	Process / Products Reaction plan	
		N°	Product	Process			Inspection method	Sample		Record			Poka Yoke
								Size	Frequência				
ET ABC 60% e ET ABC 40% fase MAG	Posto de Retrabalho	RW		Cordões de soldadura MAG		Realizar os retrabalhos aos cordões de soldadura de acordo com o referido no standard e na lista de retrabalhos proibidos e permitidos. Garantir que TODOS os retrabalhos de soldadura são realizados ANTES DO POSTO de SPP	Máquina de soldadura MAG	Todas as peças que entram no posto	Todos os turnos	Regras de aceitação do processo MAG De acordo com Gama de parâmetros		Soldador Qualificado	Retrabalho dos cordões Nok de acordo com o SW de para retrabalhos Se retrabalho Nok -> sucatar a peça e registar
Desenho 1306727X Soldadura SPR entre os arames e dos arames ao tubo	SPP	SPP	Presença de todos os arames da tela, isofix e top tether			<p>Detectar a presença dos seguintes componentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>8 arames da "tela" do ET</li> <li>Arames isofix</li> <li>2 top tether</li> <li>Arame do trancador</li> </ul>	1ª Peça Ok produto	1	Início de turno por turno	Registo de validação de arranque de posto Instrução de validação de PKY	Poka-Yoke 0002	Operador	<p><b>Em caso de Poka-Yoke Nok:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Informar de imediato o Líder da GAP ou Supervisor ou o QPP</li> <li>- Identificar o status do Poka-Yoke a vermelho</li> <li>- Registrar a avaria na folha de avarias / QPP e da Engenharia.</li> <li>- Verificar stock até à última validação do Poka-Yoke.</li> <li>- Verificação visual e marcação com pinta a 100%.</li> <li>- Registo de traçabilidade das peças produzidas em modo degradado.</li> </ul>
Zonas visíveis do ET ABC 40% e ET ABC 60%	Pós Pintura		Zonas de aspeto e visíveis			<p>Verificar visualmente a zona visível do SCJ ( de acordo com a peça padrão).</p> <p>OK</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pequenas deformações.</li> <li>- Sem falhas de Pintura. NOK</li> <li>- Riscos profundos.</li> <li>- Pintura casca de laranja.</li> <li>- Falhas de Pintura (ou riscos). Escorridos.</li> </ul>	Autocontrolo (visual)	Todas as peças	100%	De acordo com as zonas a branco nas peças padrão		Operador	<p><b>Operador do Posto;</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Identificar a peça com a etiqueta de Não Conformes (etiqueta vermelha), e preencher os campos Defeito, N.º de operador e Data;</li> <li>2- Alertar Gap Leader;</li> <li>3- Preencher o registo de Não Conformes e seguir a regra de paragem ao defeito definida nesse registo.</li> </ol> <p><b>Líder da GAP:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1- Devolver estrutura a GAP Pintura.</li> </ol>

(continua na página seguinte)

Process description	Machines, jigs, Fixtures, Tools or Manufacture	Characteristics			Class, Special Characteristics	Specification & Tolerance	Methods					Who	Process / Products Reaction plan
		N°	Product	Process			Inspection method	Sample		Record	Poka Yoke		
								Size	Frequence				
Zonas visíveis do ET ABC 60%	Pós Pintura		Conformidade do suporte apoio do cinto			Verificação do parafuso de apoio de cinto. Conformidade e ausência de salpicos de tinta.	Autocontrolo (Tátil)	Todas as peças	100%	De acordo com as zonas a branco nas peças padrão do ET ABC 60%		Operador	Rejeição-circuito de não -conformes; Regras de paragem ao defeito
Contentorização			Quantidade de peças e correta referencia			Contentorizar os ET ABC 40% e ET ABC 60% de acordo com o SW da contentorização	Autocontrolo	Todas as peças	100%	De acordo com o SW da contentorização		Operador	Rejeição-circuito de não -conformes; Regras de paragem ao defeito
ET ABC 40% e ET ABC 60%	Ensaio Funcionais		Conformidade Funcional			Verificar o esforço de destrancamento dos 2 latches: F1=2.7 (+0.8 / -0.7) daN	1ª Peça Ok Dinamómetro	1 / referência	Início de turno por turno	Registrar o valor no Boletim de Registo de Controlo:		Líder da GAP	<p><b>Líder da GAP:</b></p> <p>1- Informar QPP e/ou supervisor</p> <p><b>QPP ou Supervisor:</b></p> <p>1- Colocar como suspeita a produção desde a última validação Ok. 2- Analisar lote suspeito</p> <p><b>QPP:</b></p> <p>1- Corrigir problema; 2- Iniciar a produção após correção e nova validação</p>
ET ABC 40% e ET ABC 60%	Ensaio Funcionais		Conformidade dimensional		 	Todas as dimensões /1\ e /2\ definidas no desenho do conjunto final	Máquina 3D automática	1peças /referência	Início de turno por turno	Relatório da máquina de medição 3D		Técnico laboratório ou Líder da GAP ou QPP	<p><b>Líder da GAP:</b></p> <p>1- Informar QPP e/ou supervisor</p> <p><b>QPP ou Supervisor:</b></p> <p>1- Colocar como suspeita a produção desde a última validação Ok. 2- Analisar lote suspeito</p> <p><b>QPP:</b></p> <p>1- Corrigir problema; 2- Iniciar a produção após correção e nova validação</p>

Todos estes controlos serão efetuados a partir da fase *Mass Production Trial* quando se espera que o processo estabilize. No entanto, é necessário um controlo mais rígido no *First production Trial* para aqueles processos que, ainda que semelhantes, envolvem ferramentas, peças primárias ou mesmo processos novos. As linhas cujas frequências se encontram a amarelo na Tabela 13, são aquelas que irão necessitar de um controlo diferente. Na fase *First Production Trial* está previsto enviarem-se para o cliente, como foi referido anteriormente, 40 peças de cada um dos produtos. Vai ser necessária, no entanto, a produção de alguns produtos e subconjuntos para a realização de testes de conformidade.

As três primeiras linhas da tabela correspondem a controlos efetuados no primeiro posto de trabalho, SPR1. O primeiro ponto vai garantir a conformidade a nível de força de arrancamento, característica de segurança e regulamentação, que é efetuado através do processo de arrancamento de cada um dos casquilhos por aplicação de uma força crescente e registo num gráfico de seguimento, onde está descrito o limite superior e inferior de especificação e de controlo. Neste caso, o valor não tem limite superior dado que o desenho apenas refere que a força necessária para extrair o casquilho soldado deverá ser superior a 160 Nm. (Newton metro)<sup>14</sup>. A ESA determinou que quando forem registados valores inferiores a 170 Nm devem ser definidos ações de melhoria e que para valores inferiores a 160 Nm deve-se parar de imediato a produção e cargas para o cliente e triar o *stock* na fábrica. São necessárias seis cartas de seguimento, duas para o ET ABC 40% e quatro para o ET ABC 60%. Esta operação é realizada pelo Líder da GAP<sup>15</sup> no início de cada turno com uma peça retirada da produção desse mesmo turno na fase de *Mass Production Trial*.

O segundo ponto controla a característica funcional do diâmetro dos casquilhos de apoio de cabeça através de um calibre (que tem que ser calibrado e validado) fazendo-o passar por todos os casquilhos. Esta operação é efetuada pelo Líder da GAP no início de cada turno e de seguida registado. Na primeira fase de produção vai ser necessário controlar, em 20% do total das 40 peças produzidas, o diâmetro dos casquilhos das mesmas, pois apesar de a máquina onde é produzido o subconjunto ser a mesma, as ferramentas terão que ser alteradas para produzir as novas referências e, portanto, até o processo estar estabilizado, poderão ocorrer deformações nos casquilhos ou projeções de soldadura.

O operador no final do processo de soldadura na SPR1 verifica visualmente os pontos de soldadura consoantes parâmetros definidos no PC (estando este pormenorizados no SW do posto) e qual o modo de reação caso se detete algum tipo de defeito.

No segundo posto de trabalho foram destacadas três operações de controlo, as duas primeiras devido à reclamação do ET ABC 100% do diâmetro do *canon* inferior ao especificado e que, sendo os subconjuntos comuns ao novo produto, irá ser necessário controlar este diâmetro ao longo de todo o comprimento com um calibre específico em 1º peça Ok e proceder ao registo por parte do líder da GAP. Para controlar a posição dos cordões de soldadura é feito um teste, no início do turno, que consiste em soldar o subconjunto com o *canon* invertido de modo a perceber se os sensores estão a detetar este defeito (*Poka-Yoka* que determina a incorreta posição do *canon*). Em caso do *Poka-Yoka* falhar é necessário proceder a toda a verificação de *stock* até à última validação de modo a assegurar o produto para o cliente. Neste posto não houve alteração a nível de ferramentas, máquinas, processos ou parâmetros e por isso o nível de frequência de controlo manter-se-á igual desde o início de produção até à produção em série

---

<sup>14</sup> Unidade derivada do SI correspondendo ao torque provocado por uma força de um newton exercida a uma distância de um metro do ponto de rotação.

<sup>15</sup> Operador com mais experiência no Grupo Autónomo de produção, pode ter no máximo 30% do seu tempo a trabalhar na linha, o resto terá que ser para ensaios funcionais, realização de 1º peça Ok, assegurar que o autocontrolo é cumprido e tem a capacidade de dar formação sobre as instruções de trabalho.

(excetuando se ao longo deste processo por defeitos internos ou externos seja necessário aumentar o controlo).

No posto de soldadura MAG é necessário controlar todos os cordões de soldadura através da medição em 1º peça Ok do comprimento destes mesmos e verificar se este está dentro dos limites especificados, o aspeto e a posição e proceder às regras de reação referidas em caso de defeito. É ainda verificado em todos os encostos o aspeto e posição dos cordões e marcado com pinta e proceder aos modos de reação específicos caso dê ou não para retrabalhar. Caso o operador detete cordões com o defeito é necessário o respetivo registo para que se possa, tal como referido anteriormente, proceder à análise semanal dos três cordões mais críticos. Esta frequência de controlo refere-se à fase da produção em série. Para o início da produção serão controlados 20% do total das 40 peças produzidas.

A decisão entre retrabalhar e sucatar a peça tem que ser tomada segundos certos padrões definidos pela Qualidade, e seguindo instruções específicas para cada tipo de defeito, de modo a evitar variabilidades no retrabalho.

No posto de SPP, apesar de não existir o arame *isofix* que foi alvo da reclamação é necessário um controlo de todos os arames soldados neste posto e por isso em 1º peça Ok é verificada a presença e posição de todos os arames através da tentativa de soldar sem cada um dos arames para ver se os sensores detetam a sua falta através de um *Poka-Yoka*. Em caso de *Poka-Yoka* rejeitado é necessário proceder aos modos de reação especificados.

Após os encostos serem pintados é verificado a 100% se existem defeitos de pintura nas zonas visíveis assinaladas a branco na peça padrão<sup>16</sup> e procede-se ao plano de reação definido para casos de não conformidade.

Devido à reclamação do ET ABC 100% relativamente a resíduos de pintura na zona do parafuso do apoio de cinto, adicionou-se, ao controlo do ET ABC 60%, a verificação manual deste defeito em todas as peças.

De modo a prevenir situações descritas na AMFE de projeto, está presente no PC uma linha que refere que o operador tem que contentorizar os encostos em conformidade com as instruções de trabalho referidas no SW da contentorização. Só deste modo é possível prever a quantidade, a disposição dos encostos e garantir a qualidade com que estes chegam ao cliente.

Os desenhos do ET ABC 40% e 60% referem que o esforço aplicável para destrancar o encosto tem que ser entre 2 e 3.5 daN, de modo a garantir que a força é suficientemente grande para o encosto não rebater sozinho quando ocorre uma pressão (por exemplo, em caso de acidente) e suficientemente pequena para que o utilizador do carro consiga destrancar o encosto sem ter que exercer demasiada força. O líder da GAP fica responsável por, no início de cada turno, medir o esforço necessário para destrancar o *latch* de um ET ABC 40% e um ET ABC 60% e de analisar e informar o supervisor e/ou QPP em caso de não conformidade. O QPP após ser informado terá que tomar as devidas ações de correção ou reunir uma equipa para tal, para que se possa novamente iniciar a produção.

Com o intuito de conseguir seguir as capacidades do processo a nível das características funcionais e de segurança e regulamentação irá ser medido um ET ABC 40% e um ET ABC 60% em cada turno numa máquina 3D, previamente programada para medir as especificações requeridas. É importante, não só proceder a esta medição, mas ir atualizando progressivamente as capacidades do processo de modo a ver a evolução e a perceber se as alterações no sentido da diminuição das capacidades do processo se devem a intervenções que vão sendo efetuadas, à degradação do processo ao longo do tempo, ou à degradação da qualidade das matérias-primas.

---

<sup>16</sup> Peça que se encontra num quadro junto à GAP e que tem pintado a branco as zonas visíveis para o cliente e a dourado as zonas funcionais que não podem conter resíduos de pintura ou projecções de soldadura.

Só com este controlo e análise constante é possível responder em tempo real aos clientes e fornecer todo o *feedback* necessário de modo a dar garantias ao cliente que o produto é fiável.

Após a fase de *First Production Trial* irá ser feita uma análise relativamente aos registos efetuados para, em caso de existirem processos com grande variabilidade ou mesmo que estejam a produzir peças com defeitos, proceder a planos de ações. Só após esta análise é possível definir os controlos que serão necessários estarem presentes no Plano de Controlo e nas instruções de trabalho nas fases seguintes. A Tabela 13 com as frequências apresentadas só poderá ser utilizada quando o processo estabilizar. Até este momento pode ser necessário manter a frequência da primeira fase de produção ou mesmo aumentar este controlo.

#### IV.5. Etapas Futuras

No decurso deste trabalho não foi possível participar nas últimas três fases do projeto. Dado que não foi possível acompanhar o início da produção do novo produto, não foi, assim, possível verificar se o processo de planeamento a nível de qualidade foi bem-sucedido.

A fase seguinte seria a fase de **Pré-série**, onde a nível da qualidade seria necessário fazer uma auditoria ao processo, para verificar se este evita a produção de peças com defeitos e, principalmente, se as características funcionais e de segurança e regulamentação estão totalmente asseguradas pelo processo, não dependendo da deteção do operador. Para isto seria necessário testar a produção de peças montando-as de forma incorreta, ou com matérias-primas que tivessem algum tipo de defeito, analisando se o processo deteta estas falhas para se poder, em caso negativo, definir ações de correção necessárias (implementação de *Poka-Yokes* físicos ou através de sensores). É importante efetuar a medição de todas as peças produzidas nesta fase e verificar se estão dentro das especificações do cliente (a nível dimensional; comprimento, penetração, largura, ausência de poros e fissuras nos cordões, falta de fusão ou cordão incompleto ou desviado; ensaios funcionais do esforço de trancamento do *latch*, ensaios destrutivos dos cordões e força de arrancamento necessária para retirar os casquilhos soldados ao tubo e os arames *isofix* aos *goussets*,...). Com estas medições irão ser calculadas as medidas de capacidade do processo para cada especificação de modo a definir-se ações de melhoria no caso de  $C_p$  e  $C_{pk}$  serem inferiores a 1.67 nas características especiais.

Na fase de **Lançamento do Produto** é necessário reunir todos os documentos PPAP para que o cliente sinta confiança no produto fornecido. Os desenhos, fluxo de processo, AMFE de projeto e de processo, Plano de controlo e instruções de trabalho, relatórios dimensionais, certificados de materiais utilizados, estudos das capacidades do processo, as amostras iniciais enviadas na fase anterior são alguns dos documentos e materiais que se revelam imprescindíveis. Estes documentos foram criados ao longo do projeto mas sofrerão, com certeza, alterações mediante os possíveis problemas que possam surgir; por outro lado, a estabilização do processo pode levar à eliminação de alguns controlos extra efetuados inicialmente para garantir ao cliente um produto conforme.

A passagem para a **Produção em Série** está programada para setembro, sendo espetável que o processo se encontre estabilizado, com  $C_p$  e  $C_{pk}$  superiores a 1.67 para as características especiais e que se retirem ilações relativamente às ações implementadas ao longo do desenvolvimento do projeto que possam servir de *input* para outros projetos semelhantes.

## IV.8. Outras etapas

O método APQP é de extrema utilidade para antecipar a qualidade do produto. No entanto, isto só se torna possível se a fiabilidade dos fornecedores puder ser avaliada. No decorrer do desenvolvimento do produto foi necessária a aprovação de alguns pontos do PPAP, referidos no IV.1. Metodologia no desenvolvimento de um novo produto, a nível do fornecedor para que a empresa tenha confiança nestes mesmos produtos.

Este produto, tal como já foi referido, tem semelhanças com um produto já produzido na fábrica e outro produzido numa outra do grupo ESA. O ET ABC 1/3 e 2/3 têm matérias-primas semelhantes a ambos os produtos e ainda terá duas totalmente novas. Na Figura 54 pode-se observar qual o procedimento a seguir consoante se trate de um produto já utilizado, novo para a fábrica, ou totalmente novo.

Produto já utilizado na fábrica	• Revalidação anual do PPAP
Produto novo para a ESA Assentos de Automóvel	• Revalidação PPAP nível 2
Produto novo	• Validação PPAP e acompanhamento APQP

Figura 54 – Metodologia a usar na aprovação de peças consoante histórico da peça

O primeiro passo foi criar a lista de todas as matérias-primas para o ET ABC 40% e 60%, quantidades necessárias, referências e respetivos índices e número de características especiais.

Para o primeiro caso da Figura as peças já estão a ser consumidas para o ET ABC 100% e então foi apenas necessário pedir ao fornecedor alguns documentos como as capacidades dos processos para as características especiais, relatórios dimensionais e certificados de materiais atualizados, tendo isto sido realizado por parte dos responsáveis pelo contacto com o fornecedor dentro da fábrica.

Relativamente ao segundo caso, trata-se de peças que já foram aprovadas pelo Grupo ESA para outro projeto, mas que necessitam de ser revalidadas, pois apesar dos critérios de aprovação serem comuns, existe a possibilidade de haver incompatibilidade na montagem. Para a revalidação do PPAP nível 2 são necessários os pontos 9, 10, 11, 14, 17 e 18, da Tabela 2, que correspondem respetivamente aos relatórios dimensionais de cinco peças nas características especiais, certificado de material recente, capacidades do processo para as características especiais, cinco amostras iniciais com respetivos certificado de material e relatórios dimensionais, compromisso de capacidade e o documento que comprove a validação tendo sido também necessário reunir toda a documentação indispensável aquando da submissão inicial do PPAP (submetida ao primeiro cliente).

Relativamente ao ponto 9, 10 e 14, foi pedido ao fornecedor a medição das características especiais de segurança e regulamentação e funcionais, e que fossem enviadas 5 amostras iniciais com os respetivos relatórios dimensionais e certificado de material utilizado. Foi medida uma peça de cada fornecedor para fazer o paralelismo com os relatórios enviados e as restantes peças irão ser utilizadas para testes de montagem. Cada produto tem uma determinada norma que especifica os materiais e quantidades máximas e mínimas que deverão ter de várias substâncias químicas. Foi necessário recorrer a estas normas e comparar com o certificado de material enviado para cada produto, verificando-se se as especificações estavam a ser cumpridas. No

ponto 14 foi ainda pedido um documento validado pela Logística que especifica a embalagem onde irão ser enviadas os produtos do fornecedor para a empresa (referência do produto, quantidades por contentor, dimensões do contentor, etc.).

No que diz respeito ao ponto 11 do PPAP, verificou-se se a capacidade real do processo ( $C_{pk}$ ) para as características de segurança e regulamentação estavam acima de 1.67 e de 1.33 para as características funcionais e, em caso negativo, era pedido um plano de ações para melhorar estas características e posteriormente a validação com o recalculado deste valor.

No ponto 17 foi apenas pedido o compromisso de capacidade, provando que o fornecedor tem capacidade de nos fornecer nas quantidades que estão previstas com alguma margem para oscilações nos pedidos. No ponto 18 foi assinado um documento por parte do responsável da Qualidade do fornecedor e do cliente (ESA) em que este segundo refere se aprova, recusa ou aceita provisoriamente o produto nas condições representadas pelos documentos anteriormente apresentados.

Para o terceiro caso descrito pela Tabela, o elemento da equipa de I&D acompanhou todo o desenvolvimento das ferramentas e produto, sendo necessária a revisão da documentação PPAP, mas neste caso de todos os dezoito pontos (não será desenvolvido este ponto pois já foram dados exemplos práticos desta análise e revisão ao longo do relatório).





## V. CONCLUSÃO

Este projeto permitiu à autora utilizar conhecimentos adquiridos e metodologias abordadas ao longo dos cursos de Licenciatura e Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial, principalmente ao nível da Qualidade, numa situação real e complexa. Foi igualmente, possível, obter conhecimentos acerca do método APQP no desenvolvimento de um novo produto no setor automóvel, tanto a nível teórico, como prático.

Numa primeira fase, foi constituída uma equipa com representantes das várias áreas funcionais da empresa para acompanhar o desenvolvimento do novo produto. O método APQP está dividido em seis grandes fases sendo que, ao longo do projeto, só foi possível a participação nas três primeiras, Definição do Projeto, Desenvolvimento do Produto e Desenvolvimento do Processo.

Ao longo de todo o método foram equiparadas os modos de falha e métodos de controlo entre o ET ABC 100% (produzido na ESA Av) e o ET DFG 40% e 60% (produzidos numa fábrica do Grupo ESA) com o novo produto para que se fosse possível evitar alguns defeitos existentes nestes produtos que pudessem ser comuns a ambos.

A primeira fase foi gerida pela chefia, onde foram determinados os primeiros pontos para o novo produto como alguns dos fornecedores, planeamento geral das fases de Protótipo, Pré-Série e Produção em Série, definição geral do produto e das novas ferramentas necessárias para a sua fabricação, etc. Todos estes *outputs* foram então transmitidos para a equipa constituída para que esta pudesse iniciar todos os passos necessários para o desenvolvimento do produto.

Foi crucial, na segunda fase, a análise cuidados dos desenhos do ET ABC 100% e ET ABC 40% e 60% para que fosse possível perceber as características críticas para o cliente. Foi ainda nesta fase analisado a AMFE de projeto do ET ABC 40% e 60% e com os *outputs* daqui retirados surgiu a necessidade de fazer alguns testes de embalagem do produto para garantir que as zonas visíveis não ficassem com defeitos de aspeto e as zonas funcionais com defeitos de forma.

A terceira fase do método, constituiu o foco do projeto, tendo sido analisados os defeitos externos e internos a nível de cordões de soldadura MAG e as capacidades do processo para as características de segurança e regulamentação e funcionais para o cliente, selecionando aqueles que podem ocorrer no novo produto.

Relativamente aos defeitos detetados internamente nos cordões de soldadura MAG foi usado um Diagrama de Pareto para perceber qual a importância de cada cordão para a quantidade total de defeitos. Existem 5 cordões em 27 que representam mais de 60% da quantidade total de defeitos produzidos. Foi analisada a localização de cada cordão no encosto e os parâmetros que têm influência na produção dos defeitos de soldadura. Concluiu-se que existe uma clara relação entre os 5 cordões com mais defeitos e, ao analisar os gráficos de defeitos ao longo do tempo, detetou-se que muitos dos defeitos foram devido a intervenções que provocaram melhoria em determinado cordão mas resultados piores noutros. Apenas o cordão 124, 125 e 126 não são comuns ao novo produto, sendo todos os outros comuns ao ET ABC 40% e/ou ao ET ABC 60%, sendo, por isso, necessário controlar todos os cordões em autocontrolo no posto, situação esta que deverá estar documentada no Plano de Controlo e nas instruções de trabalho.

Semanalmente é analisado o registo dos defeitos dos cordões de soldadura e são definidas ações de melhoria para os três cordões onde surjam mais defeitos nessa semana, mas considerou-se que seria uma mais-valia se periodicamente (por exemplo semestralmente) fosse feita esta análise relacionando os cordões e não vendo cada cordão como um só, evidenciando a

relação entre os vários cordões e tentando diminuir o número de defeitos para cada conjunto de cordões. Seria também benéfico fazer um desenho de experiências para perceber quais os melhores níveis de parâmetros para cada cordão e para os total de cordões, tentando alcançar um equilíbrio entre todos os cordões a nível de parâmetros.

No que diz respeito às reclamações, foram escolhidas as que são comuns ao novo produto como a deformação do suporte de *canon* e que, por isso, tem que ser controlada e estar presente no plano de controlo. Esta será controlada através da medição do diâmetro com calibre. A periodicidade desta medição varia consoante a fase do projeto (diminuindo quando o processo atingir a maturidade).

A análise dos índices de capacidades dos processos é extremamente útil para perceber o grau de confiança que podemos ter em que o nosso processo irá dar origem a produtos sem defeitos. Um dos objetivos do projeto era conseguir que todas as características de segurança e regulamentação do ET ABC 100% tivessem índices de capacidades superiores à estabelecida (1,66). Ao analisar o gráfico das capacidades tornou-se claro que existia uma especificação cuja capacidade estava inferior ao especificado. Foram definidas ações de melhoria, tendo a Engenharia intervindo na máquina para que fosse possível melhorar estes valores. Foram analisadas amostras desta especificação antes e depois da intervenções e realizados testes à igualdade de médias e variância para perceber se efetivamente o processo melhorou. Concluiu-se que a diferença de média entre ambas as amostras não eram significativas mas que o valor da variância depois da intervenção era significativamente menor do que antes da intervenção, podendo-se afirmar, deste modo, que o processo foi melhorado ao nível desta especificação. Não foi possível alcançar o valor de capacidade pretendido pois o processo ainda está a estabilizar após as intervenções mas espera-se que este estabilize nos próximos meses.

Foi ainda concluído que parte das características de segurança e regulamentação não atingem os valores de capacidades estabelecidos devido ao processo não se encontrar centrado, podendo-se concluir que seja apenas necessário calibrar a ferramenta. Existem características que não podem ser separadas entre si, devendo ser analisadas em conjunto pois poderão ter causas raízes comuns.

O método foi extremamente vantajoso para conseguir ter um constante *feedback* do cliente, fornecedor, equipa de investigação e desenvolvimento e da ESA Av, permitindo deste modo a realização de ações em tempo útil. A análise do ET ABC 100% e ET DFG 40% e 60% permitiu que fosse mais acessível a definição de modos de falha e modos de controlo dos novos produtos e ainda melhorados os processos já existentes na fábrica, que poderão influenciar o novo produto.

A nível pessoal, o estágio permitiu ter uma visão prática de muitas das ferramentas *lean* e de qualidade, contactar com clientes e fornecedores portugueses e estrangeiros, permitindo perceber cada cultura, trabalhar com uma equipa multidisciplinar, perceber alguma gestão de conflitos pois, apesar de a meta final de toda a equipa ser o sucesso da empresa, por vezes cada área funcional tem objetivos distintos e, conhecer melhor o mundo empresarial. Foi ainda possível ter acesso a formações a nível de ferramentas *lean* e de qualidade que podem vir a ser úteis, não só no contexto da indústria automóvel, como noutras indústrias.

## BIBLIOGRAFIA

- Abraham, M., Fisher, T. & Crawford, J., (1997). Quality culture and the management of organization change. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Adler, P. (1987). A plant productivity measure for “high tech” manufacturing. *Interfaces*.
- Ahire, S.L., Golhar, D.Y. & Waller, M.A.. (1996). Development and validation of TQM implementation constructs. *Decision Sciences*.
- AIAG. (2008). *Advanced Product Quality Planning (APQP) and Control Plan*, 2<sup>nd</sup> Edição. Chrysler Corporation, Ford Motor e General Motors Corporations. ISBN: 978-1-60534-137-8
- Almannai, B., Greenough, R., & Kay, J. (2008). A decision support tool based on QFD and FMEA for the selection of manufacturing automation technologies. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*.
- Associação de Automóvel de Portugal. (2014). Consultado a de Janeiro de 2015 de [www.acap.pt/pt/pagina/36/estat%C3%ADsticas/](http://www.acap.pt/pt/pagina/36/estat%C3%ADsticas/).
- Atuahene-gima, K. & Murray, J. Y.. (2007). Exploratory and exploitative learning in new product development: a social capital perspective on new technology ventures in China. *J.Int.Mark*.
- Bergman, B., & Klefsjö, B. (2010). Quality. From customer needs to customer satisfaction. Hungary: *Studentlitteratur*.
- Bettayeb, B., Bassetto, S. J., & Sahnoun, M. (2014). Quality control planning to prevent excessive scrap production. *Journal of Manufacturing Systems*.
- Bicheno, J. (2000). *The Lean Toolbox (2nd ed)*. Buckingham, UK: PICSIE. Books.
- Bobrek, M. & Sokovic, M. (2005). Implementation of APQP-concept in design of QMS. *Journal of Materials Processing Technology*.
- Brady, J. E., & Allen, T. T. (2006). Six sigma literature: A review and agenda for future research. *Quality and Reliability Engineering International*.
- Chen, L.-H., & Ko, W.-C. (2009). Fuzzy linear programming models for new product design using QFD with FMEA. *Applied Mathematical Modelling*.
- Chen, P.-S., & Wu, M.-T. (2013). A modified failure mode and effects analysis method for supplier selection problems in the supply chain risk environment: A case study. *Computers & Industrial Engineering*.
- Chin, K.-S., Wang, Y.-M., Poon, G. K. K., & Yang, J.-B. (2009). Failure mode and effects analysis by data pment analysis. *Decision Support Systems*.
- Crosby, P. (1980). *Quality is free: The art of making quality certain*. New York: New American Library.
- Deming, W. E. (1986). *Out of the crisis*. Cambridge, MA7 Massachusetts Institute of Technology, *Center for Advanced Engineering Study*.
- Dodourova, M. & Bevis, K.. (2014). Networking Innovation in the European Car Industry: Does the Open Innovation Model Fit?.*Transportation Research Part A: Policy and Practice*.
- Ekmekcioglu, M., & Kutlu, A. C. (2012). A fuzzy hybrid approach for fuzzy process FMEA: An application to a spindle manufacturing process. *International Journal of Computational Intelligence Systems*.
- European Automobile Manufacturers Association (2013). World Production. European Automobile Manufacturers Association (ACEA) web site. Acedido Janeiro, 14, 2015, em <http://www.acea.be/statistics/tag/category/world-production>.

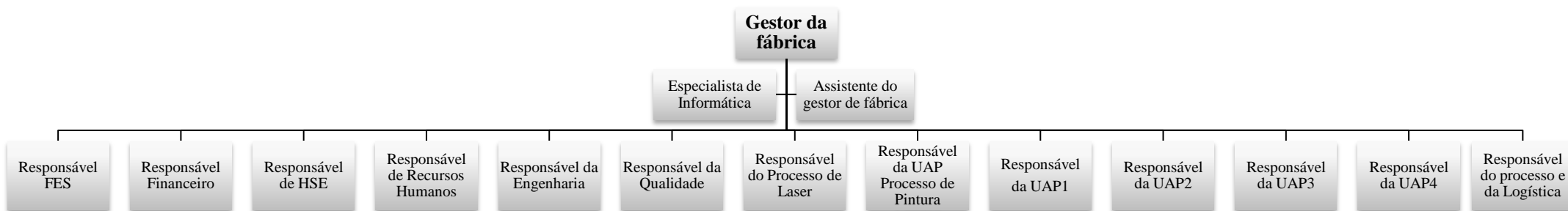
- Evans, J. R. & Lindsay, W. M. (2001). *The management and control of quality*. (5<sup>o</sup> ed.). Australia. South-Western.
- Fasser, Y., & Brettner, D. (2002). *Management for quality in high-technology enterprises*. New York: Wiley-Interscience.
- Gatewood, R. D., & Riordan, C. M. (1997). The development and test of a model of total quality: Organizational practices, TQ principles, employee attitudes and customer satisfaction. *Journal of Quality Management*.
- Giaccio, M., Canfora, M., & Del Signore, A. (2013). The first theorisation of quality: Deutscher Werkbund. *Total Quality Management*.
- Gitlow, H & Oppenheim, A. (1995). *Quality Management –ools and Methods for Improvement*. Burr Ridge, IL: Irwin.
- Gryna, F. M. (2001). *Quality Planning & Analysis – From product development through use* (4<sup>o</sup> ed.). Singapore. Mc Graw Hill/Irwin.
- Guilhon, A., Martin, J. & Weill, M., (1998). Quality approaches in small or medium-sized enterprises: Methodology and survey results. *Total Quality Management*.
- Handfield, R., Ghosh, S., & Fawcett, S. (1998). Quality-driven change and its effects on financial performance. *Quality Management Journal*.
- Haque, B., Pawar, K. S., & Barson, R. J. (2000). Analysing organisational issues in concurrent new product development. *International Journal of Production Economics*.
- Harber, D., Burgess, K., Barclay, D., (1993). Total quality management as a cultural intervention, an integrative review. *International Journal of Quality & Reliability Management*.
- Hasan, S. M., Gao, J., Wasif, M. & Iqbal, S. A., (2014). An integrated decision making framework for automotive product development with the supply chain. *Procedia CIRP*.
- Holtzman, Y. (2011): Strategic research and development: it is more than just getting the next product to market, *Journal of Management Development*.
- Holweg, M. (2007). The genealogy of lean production. *Journal of Operations Management*.
- Hu, G., Bidanda, B.. (2009). Modeling sustainable product life cycle decision support systems. *International Journal of Production and Economics*.
- Kara, A. (2005a). A Concept of Optimal Quality and an Application. *Total Quality Management*.
- Kaynak, H., & Hartley, J. L. (2005). Exploring quality management practices and high tech firm performance. *The Journal of High Technology Management Research*.
- Kidder, T. (1981): *The Soul of a New Machine*, Avon Books, New York.
- Ko, W. C. (2013). Exploiting 2-tuple linguistic representational model for constructing HOQ-based failure modes and effects analysis. *Computers & Industrial Engineering*.
- Kondo, Y. and N. Kano (1999). *Quality in Japan, JQH5*, Section 41.
- Koziolok, S. & Derlukiewicz, D. (2011). Method of assessing the quality of the design process of construction equipment with use of DFSS (Design for Six Sigma). *Automation in Construction*.
- Krishnan, V., Ulrich, K. T.. (2001). Product development decisions: a review of the literature. *Management Science*.
- Liu, H. C., Liu, L., & Liu, N. (2013). Risk evaluation approaches in failure mode and effects analysis: A literature review. *Expert Systems with Applications*.
- Maani, K. E., Putterill, M. S., & Sluti, D. G. (1994). Empirical analysis of quality improvement in manufacturing. *The International Journal of Quality and Reliability Management*.
- Montgomery, D. C. (2009). *Statistical quality control : a modern introduction*. (6<sup>o</sup> ed.). Hoboken (NJ). John Wiley & Sons.

- Moore, D. S. (2000). *The basic practice of statistics*. (2nd ed.). New York: W. H. Freeman.
- Olian, J.D. & Rynes, S.L. (1991). Making total quality work: Aligning organizations, performance measures, and stakeholders. *Human Resource Management*.
- Pavnaskar, S.J., Gershenson, J.K. & Jambekar, A.B. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal Production Research*.
- Pfeffer, J. (2001). What's wrong with management practices in Silicon Valley? A lot. *Sloan Management Review*.
- Pires, S. & Sacomano, N. M.. (2008). Configurations in supply chains: the case of a condominium in Brazil's automotive industry. *Supply Chain Management International Journal*.
- Powell, T. C. (1993). Firm-specific competitive advantage in high technology firms. *The Journal of High Technology Management Research*.
- Powell, T.C., (1995). Total quality management as competitive advantage: a review and empirical study. *Strategic Management Journal*.
- Qian, G., & Li, L. (2003). Profitability of small and medium-sized enterprises in high-tech industries: the case of the biotechnology industry. *Strategic Management Journal*.
- Kitson, J. (2011). *Quality-One International*. Consultado em 8 de Março de 2015 de [quality-one.com/apqp](http://quality-one.com/apqp).
- Rambabu, D., Lenin A., Bhaskar, G. B. & Gnanavelbabu, A. (2013). Gap analysis and optimization of process involved in product design and development by integrating enterprise resource planning & product lifecycle management. *Procedia Engineering*.
- Reed, R., Lemak, D. J., & Montgomery, J. C. (1996). Beyond process: QM content and firm performance. *Academy of Management Review*.
- Ryan, Thomas P. (2011). *Statistical methods for quality improvement*. (3<sup>o</sup> ed.). Hoboken (NJ) : John Wiley & Sons.
- Rogers, E. (2001). A theoretical look at performance in high tech organizations: what does existing theory tell us?. *The Journal of High Technology Management Research*.
- Saraph, J.V., Benson, G.P. & Schroeder, R.G., (1989). An instrument for measuring the critical factors of quality management. *Decision Sciences*.
- Sohal, A. S., & Lu, E. (1998). Continuous quality improvements in a high-technology manufacturing environment. *International Journal of Technology Management*.
- Sousa, R., & Voss, C. (2002). Quality management re-visited: A reflective review and agenda for future research. *Journal of Operations Management*.
- Shahani, A. K. (1979). Wald-Wolfowitz Type Sampling Plans for Continuous Production. *Technometrics*.
- Somerton, D. G. & Mliner, S. E. (1996). What's key? Tool Approaches for Determining Key Characteristics. Milwaukee: *Proceedings of the Annual Quality Congress, ASQ*.
- Spear, S., Bowen K.H.. (1999). Decoding the DNA of the Toyota production system. *Harvard Business Review*.
- Specification, T. (2002). TECHNICAL SPECIFICATION ISO / TS, 2002. Trappey, A. J. C. & Hsiao, D. W. (2007). Applying collaborative design and modularized assembly for automotive ODM supply chain integration. *Computers in Industry*.
- Trappey, A. J. C. & Hsiao, D. W. (2007). Applying collaborative design and modularized assembly for automotive ODM supply chain integration. *Computers in Industry*.



## ANEXOS

### Anexo I – Organigrama ESA Av



## Anexo II - Registos especificações de segurança regulamentação 2015

	16-01-2015	27-01-2015	27-01-2015	28-01-2015	28-01-2015	28-01-2015	29-01-2015	02-02-2015	02-02-2015	04-02-2015	05-03-2015	08-01-2015	12-02-2015	13-02-2015	18-02-2015	25-02-2015	27-02-2015	03-03-2015	05-03-2015	11-03-2015	12-03-2015	19-03-2015	20-03-2015	23-03-2015	24-03-2015	30-03-2015	16-04-2015	08-04-2015	10-04-2015	20-04-2015	22-04-2015	28-04-2015	29-04-2015	01-05-2015			
Y90 42	422,1	2,00	-2,00	423,065	422,706	422,907	422,406	422,743	422,862	423,122	422,373	422,357	422,2	422,589	423,159	422,45	422,144	422,545	422,776	422,203	422,32	422,589	422,254	422,415	422,423	422,302	422,428	422,478	422,553	421,825	422,54	421,989	421,848	422,422	422,739	422,425	422,166
Y90 55	1068,3	2,00	-2,00	1068,21	1068,328	1068,312	1068,027	1068,318	1068,262	1068,369	1068,413	1068,191	1068,281	1068,53	1068,498	1068,434	1068,538	1068,12	1068,731	1068,595	1068,434	1068,53	1068,569	1068,313	1068,425	1068,384	1068,323	1068,17	1068,506	1068,634	1068,584	1068,954	1068,662	1068,288	1067,926	1068,199	1068,522
Y90 54	1068,3	2,00	-2,00	1068,261	1068,288	1068,28	1067,925	1068,372	1068,228	1068,323	1068,287	1068,091	1068,206	1068,501	1068,484	1068,388	1068,511	1068,058	1068,646	1068,53	1068,34	1068,501	1068,55	1068,212	1068,361	1068,313	1068,235	1068,145	1068,443	1068,578	1068,501	1068,886	1068,597	1068,166	1067,954	1068,099	1068,491
Y90 43	422,1	2,00	-2,00	423,128	422,958	423,01	422,881	422,912	423,242	422,994	422,854	423,1	422,894	423,008	422,834	422,996	422,984	423,029	422,96	422,915	423,123	423,008	422,982	423,251	423,124	423,084	423,135	423,121	422,653	422,992	423,034	422,855	422,952	423,023	422,994	423,062	422,950
Y90 44	13,9	2,00	-2,00	13,83	13,687	13,721	14,05	13,409	13,826	13,998	13,715	13,969	13,813	13,879	13,505	13,795	13,655	14,008	13,425	13,769	13,751	13,879	13,865	13,955	13,827	13,79	13,889	13,978	13,878	13,434	13,784	13,114	13,477	14,240	14,135	14,101	13,757
Y90 45	13,9	2,00	-2,00	13,706	13,523	13,544	13,867	13,261	13,704	13,794	13,531	13,851	13,646	13,704	13,36	13,596	13,498	13,796	13,205	13,577	13,574	13,704	13,703	13,749	13,651	13,612	13,696	13,822	13,638	13,227	13,605	12,897	13,317	14,044	13,903	13,889	13,578
Y90 60	381,9	0,00		391,38	390,668	390,712	391,285	390,771	391,43	391,627	390,167	390,524	390,599	390,912	390,526	390,559	390,3645	390,902	390,485	390,883	391,084	390,912	390,508	390,887	391,063	391,078	391,078	391,313	390,801	390,564	390,494	390,283	390,313	390,835	390,540	390,848	390,755
Y90 51	381,9	0,00		392,548	391,966	391,972	391,976	391,817	392,099	392,118	390,931	391,112	390,317	390,793	392,335	390,735	390,262	390,741	389,885	390,483	390,311	390,793	390,334	390,284	390,199	390,381	390,381	390,76	390,63	389,847	390,383	390,066	390,19	390,314	390,706	390,158	390,105
Y90 49	23,9	2,50	-2,50	24,541	23,572	22,426	23,778	22,349	23,563	24,687	23,88	23,405	24,707	24,432	24,271	24,804	24,171	23,739	24,463	23,698	23,552	23,952	23,204	24,726	22,957	24,627	24,627	24,412	24,045	24,174	23,915	24,188	24,563	24,120	24,033	25,127	25,080

## Anexo III - Registos da especificação de 23.9 antes da intervenção

	01-10-2014	02-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	17-10-2014	24-10-2014	06-11-2014	10-11-2014	10-11-2014	26-11-2014	11-12-2014	11-12-2014	05-01-2015	05-01-2015	06-01-2015	16-01-2015	16-01-2015	27-01-2015	27-01-2015	28-01-2015	28-01-2015	28-01-2015			
Y9049	23,9	2,50	-2,50	24,397	24,092	24,139	24,766	24,497	24,311	23,886	23,469	24,561	23,33	24,381	26,321	24,452	22,341	24,854	21,99	23,712	24,541	23,572	22,426	23,778	22,349	23,563



## Anexo IV - Registos das especificações funcionais 2015

	16-01-2015	27-01-2015	27-01-2015	28-01-2015	28-01-2015	28-01-2015	29-01-2015	02-02-2015	02-02-2015	04-02-2015	05-03-2015	08-01-2015	12-02-2015	13-02-2015	18-02-2015	25-02-2015	27-02-2015	03-03-2015	05-03-2015	11-03-2015	12-03-2015	19-03-2015	20-03-2015	23-03-2015	24-03-2015	30-03-2015	16-04-2015	08-04-2015	10-04-2015	20-04-2015			
Y9001	1054,4	1,50	-1,50	1054,387	1054,321	1054,304	1054,581	1054,41	1054,379	1054,546	1054,757	1054,511	1054,59	1054,611	1054,639	1054,542	1054,606	1054,446	1054,615	1054,501	1054,645	1054,611	1054,614	1054,395	1054,685	1054,638	1054,652	1054,575	1054,749	1054,553	1054,473	1054,981	1054,688
Y9002	1088,4	2,00	-2,00	1088,599	1088,787	1088,776	1088,638	1088,698	1088,707	1088,94	1089,094	1088,905	1089,045	1088,919	1088,964	1088,758	1089,06	1088,896	1089,267	1088,851	1088,976	1088,919	1089,13	1088,974	1089,081	1089,019	1089,084	1089,07	1088,992	1088,892	1088,902	1089,164	1088,976
Y9000	34	1,00	-1,00	33,908	34,131	34,148	34,02	34,005	34,04	33,855	33,768	34,032	33,668	33,782	33,604	33,635	33,938	33,631	33,883	33,786	33,735	33,782	34,132	33,898	33,746	33,85	33,721	34,175	34,069	33,851	33,725	33,553	33,764
Y9003	0	3,00	0,00	0,529	0,585	0,585	0,456	0,295	0,623	0,313	0,318	0,363	0,34	0,504	0,429	0,335	0,412	0,349	0,465	0,417	0,41	0,404	0,449	0,46	0,384	0,480	0,212	0,331	0,368	0,327	0,302	0,504	0,506
Y9005	0	3,00	0,00	0,516	0,423	0,423	0,293	0,388	0,367	0,427	0,397	0,317	0,32	0,321	0,318	0,472	0,422	0,318	0,59	0,324	0,58	0,321	0,391	0,582	0,366	0	0,409	0,521	0,461	0,503	0,563	0,426	0,548
Y9067	224,7	2,50	-2,50	224,469	224,541	224,568	224,961	224,376	225,882	224,823	225,433	224,606	223,466	224,276	225,139	225,318	225,038	224,389	224,801	224,981	224,632	224,277	224,773	224,383	224,091	224,275	224,488	225,386	224,826	225,403	225,389	225,28	225,265
Y9068	224,7	2,50	-2,50	224,546	224,619	224,646	225,046	224,456	225,97	224,896	225,498	224,661	223,537	225,201	225,377	225,108	224,441	224,86	225,041	224,683	224,337	224,831	224,444	224,147	224,336	224,554	225,451	224,939	225,455	225,454	225,436	225,322	
Y9069	561,3	2,50	-2,50	561,588	562,064	562,106	562,447	561,95	562,139	562,183	562,735	561,953	561,648	562,176	562,494	561,985	561,432	561,951	562,47	562,051	561,648	561,743	561,652	561,243	561,489	561,827	562,628	562,188	562,538	562,615	562,466	561,504	
Y9070	561,3	2,50	-2,50	561,666	562,142	562,184	562,531	562,03	562,226	562,256	562,21	562,114	561,017	561,71	562,238	562,565	561,485	562,01	562,53	562,103	561,71	561,802	561,713	561,298	561,554	561,894	562,693	562,253	562,589	562,679	562,521	562,56	
Y9071	909,7	2,50	-2,50	909,446	909,706	909,718	910,288	909,702	911,027	909,997	910,498	910,102	908,681	909,382	910,099	910,234	909,734	909,028	909,761	910,192	909,596	909,382	909,586	909,279	908,774	909,142	909,369	910,207	909,528	910,139	910,198	910,189	910,147
Y9072	909,7	2,50	-2,50	909,523	909,784	909,796	910,373	909,782	911,115	910,07	910,563	910,157	908,745	909,443	910,161	910,3	909,804	909,08	909,821	910,252	909,648	909,443	909,645	909,34	908,829	909,203	909,436	910,272	909,591	910,192	910,262	910,245	910,204
Y9078	67,2	3,50	-3,50	67,504	67,111	67,076	66,983	67,764	65,454	66,537	66,268	66,095	66,816	65,995	67,833	66,133	66,121	65,579	66,204	66,469	65,56	65,995	66,13	66,009	65,394	65,454	66,454	65,908	66,481	66,513	66,526	66,568	66,456
Y9077	67,2	3,50	-3,50	67,749	68,38	68,325	67,273	68,157	65,863	66,701	66,66	66,474	67,276	66,882	67,548	66,75	66,731	66,251	66,839	67,103	66,374	66,882	66,731	66,754	66,054	66,291	67,395	66,743	67,092	67	67,3	67,059	67,008
Y9079	67,2	3,50	-3,50	65,138	65,655	65,634	64,662	65,544	63,446	64,263	63,828	63,976	64,657	64,222	65,292	64,338	64,499	63,801	64,487	64,391	63,733	64,222	64,293	64,277	63,634	66,454	64,522	64,254	64,358	64,52	64,355	64,658	64,619
Y9075_Ca sq1	494,6	2,50	-2,50	497,306	497,073	497,157	497,387	497,202	497,798	494,978	495,325	495,561	494,775	495,003	497,349	495,016	494,913	494,983	494,806	494,944	495,184	495,003	495,221	495,107	495,216	495,044	495,044	494,92	494,894	495,123	494,892	494,618	494,843
Y9075_Ca sq2	494,6	2,50	-2,50	497,26	497,156	497,196	497,381	497,06	497,744	495,313	495,557	495,642	495,166	495,156	497,196	495,104	495,157	495,2	495,091	495,197	495,43	495,156	495,407	495,401	495,305	495,081	495,081	495,074	495,077	495,28	494,993	494,896	494,902
Y9080	67,2	3,50	-3,50	67,626	67,965	67,944	67,219	68,002	66,177	67,062	66,453	66,597	67,34	66,924	67,37	67,091	66,727	66,446	67,224	67,082	66,151	66,924	66,879	66,721	66,087	67,336	67,336	67,133	66,906	67,1	67,134	67,222	67,447
Y9081	67,2	3,50	-3,50	64,779	64,918	64,843	64,328	65,035	63,378	63,973	63,331	63,694	64,375	64,436	64,564	64,545	64,727	63,751	64,403	64,416	63,612	64,436	64,283	64,27	63,769	64,845	64,845	64,702	64,327	64,603	64,423	64,835	64,628
Y9074_Ca sq3	494,6	2,50	-2,50	496,189	496,11	496,13	496,381	496,019	496,512	494,826	495,138	495,23	494,826	494,663	495,911	494,596	494,712	494,787	494,494	494,704	494,88	494,663	494,616	494,743	494,673	494,564	494,564	494,389	494,573	494,511	494,415	494,624	494,252

Y9074_Ca sq4	494,6	2,50	-2,50	494,384	494,416	494,443	494,565	494,248	494,733	494,137	494,633	494,674	494,372	494,128	494,345	493,832	493,99	494,296	493,888	494,177	494,242	494,128	493,947	494,158	494,021	494,037	494,037	493,943	493,995	493,847	493,769	494,109	493,61
Y9084	67,2	3,50	3,50	66,308	66,215	66,194	66,009	66,217	65,458	66,296	65,876	65,574	66,195	65,955	66,259	66,389	66,014	65,921	66,633	66,109	64,948	65,955	65,834	65,482	65,349	66,559	66,559	66,638	65,875	66,041	66,149	66,788	66,84
Y9085	67,2	3,50	3,50	63,766	63,804	63,823	63,548	64,118	63,235	63,713	63,137	63,167	63,896	63,898	63,743	64,112	63,79	63,14	63,931	63,778	63,227	63,898	63,97	63,606	63,402	64,481	64,481	64,618	63,768	64,058	63,952	63,521	63,539
Y9075_Ca sq5	494,6	2,50	-2,50	494,908	495,05	495,076	495,226	494,96	495,047	494,578	495,094	494,97	494,929	495,367	494,853	494,574	494,708	494,912	494,603	495,176	495,259	495,367	495,181	495,178	495,144	495,101	495,101	495,015	495,291	494,746	494,968	494,631	494,257
Y9075_Ca sq6	494,6	2,50	-2,50	494,885	494,969	494,975	495,219	494,881	494,929	494,812	495,317	495,13	495,211	495,62	494,821	494,903	495,035	495,269	494,642	495,321	495,43	495,62	495,365	495,285	495,302	495,199	495,199	495,21	495,511	494,847	495,135	495,035	494,774
X84	16,7	2,00	2,00	17,47	16,709	16,729	17,847	16,432	17,388	17,604	17,317	17,496	17,308	17,204	17,702	17,003	17,718	17,545	17,186	17,688	16,917	17,204	17,296	17,541	16,799	17,001	17,001	17,074	16,809	16,969	17,748	17,108	17,087
X85	17,2	2,00	2,00	17,354	17,419	17,435	17,691	16,851	16,957	16,99	20,894	20,893	17,033	16,892	17,106	17,214	16,982	17,024	17,928	17,927	17,338	16,892	17,77	17,298	17,242	17,897	17,897	17,509	17,244	17,635	17,914	17,353	17,658
Y9014	7,3	2,00	2,00	7,584	6,771	6,793	7,103	6,972	6,906	7,996	7,884	8,242	7,347	8,119	7,441	7,701	7,698	7,9	7,925	7,768	8,303	8,119	7,841	8,128	8,014	7,891	7,891	7,771	6,942	7,519	7,599	7,682	7,634
Y9018	7,3	2,00	2,00	8,517	8,628	8,644	8,079	7,925	8,168	7,974	8,132	8,38	8,227	8,554	8,626	7,998	7,926	8,367	7,636	7,659	8,561	8,554	7,944	8,774	8,432	8,06	8,06	7,781	8,195	8	8,207	8,376	8,253
Y9016	68,4	2,00	2,00	68,117	68,689	68,655	68,187	68,682	68,857	68,777	67,14	67,15	68,82	68,754	68,557	67,969	68,263	68,41	68,688	68,24	68,396	68,754	68,63	68,648	68,659	68,633	68,633	68,912	69,102	68,531	68,968	68,366	68,586
Y9008	68,4	2,00	2,00	69,039	69,098	69,075	69,146	69,125	68,986	69,015	69,052	68,914	68,605	68,852	69,203	69,197	69,339	68,986	68,865	68,908	69,111	68,852	69,01	69,052	69,087	68,872	68,872	68,641	68,713	69,106	68,699	69,207	69,045
Y9022	7,4	2,00	2,00	9,671	8,116	8,129	9,455	8,107	8,241	8,682	8,821	8,797	8,431	9,95	8,279	9,837	9,852	9,322	9,432	9,943	9,419	9,95	8,685	9,623	8,602	9,68	9,68	9,048	8,747	9,224	8,594	9,082	9,337
Y9020	68,4	2,00	2,00	67,834	68,506	68,492	67,971	68,306	68,322	68,082	68,083	68,088	68,193	67,926	68,151	68,109	68,319	67,904	68,332	67,838	68,269	67,926	67,974	67,907	67,948	67,795	67,795	67,799	68,092	68,502	67,879	68,58	68,402
Y9026	7,3	2,00	2,00	7,883	7,77	7,774	8,271	7,836	7,787	7,84	7,799	7,914	8,059	8,378	7,624	8,263	8,586	8,156	7,991	8,332	8,52	8,378	8,343	8,387	8,089	8,306	8,306	7,943	8,05	8,232	8,201	8,414	8,464
Y9024	68,4	2,00	2,00	69,295	69,604	69,598	69,171	69,63	69,573	69,354	69,186	69,122	69,243	69,196	69,44	69,325	69,593	69,14	69,698	69,098	69,359	69,196	69,182	69,299	69,393	69,25	69,25	68,771	68,996	69,231	69,182	69,234	69,286
Y9076	67,2	3,50	3,50	64,842	65,416	65,401	64,234	65,446	63,28	63,714	63,511	63,682	64,204	64,29	65,164	64,16	64,355	63,966	64,523	64,476	63,944	64,29	64,15	64,293	63,378	63,687	64,477	64,048	64,28	64,397	64,366	64,327	64,354
Y9082	67,2	3,50	3,50	66,423	66,307	66,301	65,839	66,456	64,726	65,689	65,046	64,939	65,851	66,243	66,106	66,166	65,869	65,667	66,336	66,25	65,187	66,243	66,047	65,885	65,219	66,507	66,507	66,317	65,837	66,126	66,158	66,336	66,373
Y9083	67,2	3,50	3,50	64,4	64,729	64,701	64,017	64,723	63,256	63,969	63,397	63,584	64,357	63,963	64,232	64,182	64,267	63,602	64,05	64,013	63,224	63,963	63,876	63,811	63,284	64,429	64,429	64,505	64,03	64,321	64,144	64,442	64,258
Y9086	67,2	3,50	3,50	66,495	66,135	66,161	66,236	66,316	65,825	66,454	66,077	65,807	66,232	66,151	66,428	66,652	65,776	65,818	66,718	66,315	65,472	66,151	66,261	65,83	65,757	67,138	67,138	67,275	66,065	66,509	66,382	66,294	66,623
Y9087	67,2	3,50	3,50	64,139	64,208	64,157	63,957	64,457	63,668	64,251	63,778	63,613	64,305	64,107	64,092	64,396	64,172	63,79	64,301	63,711	63,338	64,107	64,071	63,642	63,708	64,586	64,586	64,772	63,851	63,99	64,045	64,142	64,132