



Inês Maria Caetano Pombo

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Metodologias TRIZ e *Lean* numa
Indústria de Unidades de Tratamento de
Ar e de Ventilação**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Vítorovna Guitiss
Navas, Professora Auxiliar, FCT-UNL

Co-orientador: Mestre Rui Pedro Tomás dos Santos,
Sandometal – Metalomecânica e Ar
Condicionado, S.A.

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes

Vogais: Prof. Doutora Anabela Carvalho Alves

Prof. Doutora Helena Vítorovna Guitiss Navas



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Março 2015

LOMBADA



Metodologias TRIZ e Lean numa Indústria de Unidades de Tratamento de Ar e de Ventilação
Inês Pombo

2015

Inês Maria Caetano Pombo

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

**Metodologias TRIZ e *Lean* numa
Indústria de Unidades de Tratamento de
Ar e de Ventilação**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Orientadora: Professora Doutora Helena Víctorovna Guitiss
Navas, Professora Auxiliar, FCT-UNL
Co-orientador: Mestre Rui Pedro Tomás dos Santos,
Sandometal – Metalomecânica e Ar
Condicionado, S.A.

Júri:

Presidente: Prof. Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes
Vogais: Prof. Doutora Anabela Carvalho Alves
Prof. Doutora Helena Víctorovna Guitiss Navas

Março 2015

Metodologias TRIZ e *Lean* numa Indústria de Unidades de Tratamento de Ar e de Ventilação

Copyright © Inês Maria Caetano Pombo, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.

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

Agradecimentos

À Professora Doutora Helena Navas, pela orientação da dissertação, pela disponibilidade que sempre teve ao longo desta etapa, pela motivação e por todos os ensinamentos transmitidos durante todo o percurso acadêmico.

Ao Engenheiro Rui Santos pela oportunidade de realização da dissertação em ambiente industrial, e por todos os meios que me disponibilizou durante este trabalho; pela sua orientação, abertura de horizontes em vários temas discutidos e por todos os conhecimentos que me foram transmitidos.

Ao Ruben Nunes pela sua disponibilidade e pelas suas sugestões, que permitiram que este trabalho fosse desenvolvido.

Ao Engenheiro Miguel Alves, ao Engenheiro Pedro Silva e à Hélia Beirão pela sua disponibilidade e conhecimentos transmitidos.

A todos os colaboradores da Sandometal que, direta ou indiretamente, colaboraram para a execução deste trabalho.

A todos os Professores do DEMI, dos quais recebi os seus ensinamentos não só técnicos mas também de experiência profissional.

A todos os meus colegas e amigos que me acompanharam ao longo desta etapa, e em particular os colegas de Industrial e Mecânica.

Aos meus pais e irmãos por todo o apoio dado ao longo da vida, pela paciência e dedicação que tiveram ao acompanhar-me durante este ciclo.

A toda a minha família, Avô, Tios, Primos e Sobrinha. Mas em particular um agradecimento especial à Tia Rita, à Tia Silvana por todos os bons conselhos dados ao longo desta etapa e por todo o seu apoio, e por fim à minha prima Liliana pela sua paciência e amizade.

Resumo

Num mundo globalizado, as organizações têm sido forçadas a inovar em busca de novas técnicas de gestão, devido a limitações dos modelos de gestão tradicional. Para subsistir num mercado altamente competitivo, as organizações procuram diferenciar-se da concorrência por via de utilização de novas metodologias de gestão que permitam aumentar a eficiência dos processos internos.

A implementação de fundamentos e técnicas da metodologia *Lean*, em conjunto com os conceitos e os instrumentos analíticos da metodologia TRIZ, pode auxiliar as organizações na procura de melhoria contínua em todas as áreas funcionais, encontrando soluções mais criativas e inovadoras.

A presente dissertação foi elaborada no âmbito de um estágio curricular realizado numa empresa metalomecânica, que atua no setor industrial de tratamento de ar e de ventilação. Os objetivos do estágio delineados inicialmente visavam o estudo da melhoria de organização do armazém numa das unidades industriais do grupo. No decorrer do estágio, foi possível não só melhorar em vários aspetos o funcionamento do armazém, como também foram elaboradas e implementadas várias ações de melhoria nas outras áreas funcionais da empresa.

A análise efetuada à situação atual da empresa e as soluções encontradas para os problemas identificados basearam-se em algumas técnicas e instrumentos analíticos das metodologias *Lean* e TRIZ.

Entre os vários resultados obtidos, destacam-se a redução significativa de *stocks*, a reorganização da hierarquia funcional, a melhoria do fluxo de informação interna e externa (entre a empresa e os fornecedores), a criação de um sistema de deteção de não conformidades com origem nos fornecedores, entre outros.

No desenvolvimento deste estágio e com base nos resultados obtidos, foi submetido e aceite um artigo e uma proposta para o concurso de projetos no âmbito de *The 6th International Conference on Systematic Innovation (ICSI) & The 5th Global Competition on Systematic Innovation (GCSI)*.

Palavras-chave: TRIZ, *Lean*, Melhoria Contínua, Resolução de Problemas, Redução de *Stocks*, Gestão de Armazém.

Abstract

In a globalized world, organizations have been forced to innovate in search of new management techniques, due to limitations of traditional management models. To survive in a highly competitive market, organizations seek to differentiate themselves from the competition through the use of new management methods for increasing the efficiency of internal processes.

The implementation of fundamentals and techniques of Lean methodology, together with the concepts and analytical tools of TRIZ methodology, can help organizations continuously improve search in all functional areas, finding more creative and innovative solutions.

This dissertation was performed under a traineeship conducted in a metalworking company that runs the industrial sector of treatment of industrial air handling and ventilation. Initially, it was defined as internship target, seek to improve the spatial organization of a warehouse belonging to one of the units of the industrial group. During the stage, it was possible not only to improve the operation of the warehouse, but were also created and implemented improvement measures in other functional areas of the company.

The analysis made to the current situation of the company and the solutions to the problems identified were based on some techniques and analytical tools of Lean methodologies and TRIZ.

The various results achieved, those who excel were a significant reduction in stocks, the reorganization of the functional hierarchy, improved internal and external information flow (between the company and suppliers), the creation of a detection system of non-compliance emanating from the suppliers, among others.

In developing this internship and based on the results, is being prepared an article and a proposal for the design competition with a view to eventually engage / integrate in The 6th International Conference on Systematic Innovation (ICSI) & The 5th Global Competition on Systematic Innovation (GCSI).

Keywords: TRIZ, Lean, Continuous Improvement, Problem Solving, Stock Reduction, Warehouse Management.

Índice de Matérias

1	Introdução.....	1
1.1	Enquadramento	1
1.2	Objetivos.....	2
1.3	Estrutura da Dissertação	2
2	Revisão Bibliográfica.....	5
2.1	Fundamentos e Técnicas da Metodologia <i>Lean</i>	5
2.1.1	Origem e Definição do <i>Lean</i>	5
2.1.2	Princípios do <i>Lean</i>	6
2.1.3	Tipos de Desperdício	8
2.1.4	Benefícios do <i>Lean</i> e Obstáculos.....	10
2.1.5	Ferramentas <i>Lean</i>	11
2.1.5.1	Metodologia 5S.....	11
2.1.5.2	Gestão Visual.....	14
2.1.5.3	Normalização do Trabalho	15
2.2	Fundamentos e Instrumentos Analíticos da Metodologia TRIZ	17
2.2.1	Origem da Metodologia TRIZ.....	17
2.2.2	Estratégia da Metodologia TRIZ.....	18
2.2.3	Níveis de Inovação	19
2.2.4	Características da TRIZ	20
2.2.5	Conceitos Fundamentais da TRIZ	21
2.2.5.1	Contradição	21
2.2.5.2	Recursos	22
2.2.5.3	Padrões de Evolução	23
2.2.5.4	Idealidade	25
2.2.6	Principais Ferramentas e Técnicas da TRIZ.....	25
2.2.6.1	Princípios de Invenção e Matriz de Contradições.....	25
2.2.6.2	Análise Substância-Campo.....	28
2.2.6.3	Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas (ARIZ)	33
3	Descrição e Análise Crítica	35
3.1	Apresentação e Caracterização da Empresa.....	35
3.2	História da Empresa em Portugal e a sua Estrutura Organizacional	35
3.3	Missão, Valores e Visão	37
3.4	Principais Produtos.....	37

3.5 Principais Fornecedores.....	40
3.6 Descrição do Processo de Produção Geral.....	41
3.7 Problemas Iniciais e Análise Crítica.....	43
Frac organizção do armazém.....	43
4 Implementação de Ferramentas e Metodologias.....	45
4.1 Implementação 5S.....	45
4.1.1 Criação de <i>checklist</i>	45
4.2 Gestão Visual.....	54
4.3 Normalização do Trabalho.....	55
4.4 Aplicação da Ferramenta TRIZ Substância-Campo.....	59
4.5 Aplicação da Matriz de Contradições.....	65
5 Discussão de Resultados.....	69
5.1 Ações já implementadas:.....	69
5.1.1 Expandir um Modelo Substância-Campo Existente para um Novo Sistema em Cadeia.....	69
5.1.2 Substituição de um Campo.....	69
5.1.3 Introdução de um Campo F.....	69
5.1.4 Padronização da Conduta de Trabalho para o Armazém.....	70
5.1.5 5S.....	70
5.2 Ações em fase de implementação.....	71
5.2.1 Controlo visual.....	71
5.3 Ações a implementar a médio e longo prazo:.....	71
5.3.1 Gestão de Armazém e Baixas de <i>Stock</i>	71
6 Conclusão.....	73
6.1 Conclusão.....	73
6.2 Trabalho futuro.....	74
Referências Bibliográficas.....	75
Anexo 1 - Tabelas da Matriz de Contradições.....	79
Anexos 2 - Princípios Inventivos da Matriz de Contradições.....	85
Anexo 3 – Classes da Análise Substância Campo.....	92
Anexos 4 – <i>Layout</i> Fábrica de Povos.....	103
Anexos 5 – Documentos de Auditoria.....	105

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Princípios do <i>Lean</i>	6
Figura 2.2 - Geração de Valor Segundo a Necessidade do Cliente	6
Figura 2.3 - Sete Princípios do <i>Lean Thinking</i>	8
Figura 2.4 - Problemas Não Visíveis Causados pelo Desperdício de <i>Stock</i>	10
Figura 2.5 - Pilares do 5S	12
Figura 2.6 - Exemplos de Gestão Visual	15
Figura 2.7 - Esquema Simplificado da Metodologia TRIZ	18
Figura 2.8 - Diagrama Elementar da Análise Substância-Campo	29
Figura 2.9 - Solução Geral 1.....	30
Figura 2.10- Solução Geral 2.....	30
Figura 2.11 - Solução Geral 3.....	31
Figura 2.12 - Solução Geral 4.....	31
Figura 2.13 - Solução Geral 5.....	32
Figura 2.14 - Solução Geral 6.....	32
Figura 2.15 - Solução Geral 7.....	32
Figura 2.16 - Etapas mais importantes do Algoritmo de Resolução dos Problemas de Invenção (ARIZ) (Navas, 2013).....	33
Figura 3.1 - Organograma da Sandometal.....	36
Figura 3.2 - Certificado Eurovent	38
Figura 3.3 - UTA Gama SDM.....	38
Figura 3.4 - UV Gama EUV	39
Figura 3.5 - UV Gama AT.....	39
Figura 3.6 - UV Gama DD	40
Figura 3.7 - Principais Fornecedores de Ventiladores	40
Figura 3.8 - Principais Fornecedores de Componentes para UTA's e UV's	41
Figura 3.9 - Fluxograma do Processo de Produção Geral	42
Figura 4.1 - Armazém Antes da Aplicação do 3S	48
Figura 4.2 - Armazém Depois da Aplicação do 3S.....	49
Figura 4.3 - Organização Polias Antes do 3S	50
Figura 4.4 - Organização de Polias Depois do 3S	50
Figura 4.5 – Organização de Correias Antes do 3S	51
Figura 4.6 - Organização de Correias Depois do 3S.....	51
Figura 4.7 - Organização de Material Antes do 3S.....	52

Figura 4.8 - Organização de Material Depois do 3S	52
Figura 4.9 - Avaliação de desempenho da aplicação das Ações de Melhorias.....	54
Figura 4.10 - Exemplo de uma Etiqueta.....	54
Figura 4.11 - Fecho Completo.....	55
Figura 4.12 – Calço.....	55
Figura 4.13 - <i>Layout</i> das Deslocações dos Postos de Trabalho para a Zona de Separação	57
Figura 4.14 - <i>Layout</i> Inicial do Armazém	58
Figura 4.15 - <i>Layout</i> Final do Armazém	59
Figura 4.16 - Sistema Ineficiente 1	60
Figura 4.17 - Sistema Eficiente 1 em cadeia	61
Figura 4.18 - Exemplo de alguns campos existentes no Cod Alidata	62
Figura 4.19 - Sistema Ineficiente 2	62
Figura 4.20 - Sistema Eficiente 2.....	63
Figura 4.21 - Sistema Incompleto.....	64
Figura 4.22 - Sistema Completo	64
Figura 4.23 - Leitor Ótico	66
Figura 0.1 - <i>Layout</i> da Fábrica de Povos.....	104

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 - Variável a Controlar vs. Tipo de Controlo Visual a Aplicar	14
Tabela 2.2 - Níveis de Inovação	19
Tabela 2.3 - Evolução de Patentes dos Sistemas Tecnológicos	23
Tabela 2.4 - Parâmetros Genéricos de Engenharia	26
Tabela 2.5 - Princípios Inventivos	27
Tabela 2.6 - Simbologia Usada em Triângulos Substância-Campo.....	30
Tabela 3.1 - História da Empresa.....	35
Tabela 4.1 - Parâmetros de Avaliação dos 5S's	46
Tabela 4.2 – Descrição das posições do <i>layout</i> inicial.....	58
Tabela 4.3 - Descrição das posições do <i>layout</i> final	59
Tabela 0.1 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 1-13)	79
Tabela 0.2 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 14-26)	80
Tabela 0.3 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 27-39)	81
Tabela 0.4 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 1-13)	82
Tabela 0.5 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 14-26)	83
Tabela 0.6 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 27-39)	84
Tabela 0.1 - Classe 1 das Soluções-Padrão	92
Tabela 0.2 - Classe 2 das Soluções-Padrão	94
Tabela 0.3 - Classe 3 das Soluções-Padrão	98
Tabela 0.4 - Classe 4 das Soluções-Padrão	99
Tabela 0.5 - Classe 5 das Soluções-Padrão	101
Tabela 0.1 - Descrição mais explícita dos 3S para o caso particular do armazém	105
Tabela 0.2 - 1ª Auditoria	106
Tabela 0.3 - 2ª Auditoria	108

Lista de Siglas e Acrónimos

ARIZ - Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas
CNC - Controlo Numérico Computorizado
CTV - *Continuously Variable Transmission*
ENIAC - *Electronic Numerical Integrator Analyzer and Computer*
MOD - Mão-de-obra
MP - Matérias-primas
OEE - *Overall Equipment Effectiveness*
RFI - Resultado Final Ideal
TOC – Theory of Constrains
TPM - *Total Productive Maintenance*
TPS - *Toyota Production System*
TRIZ - Teoria Inventiva de Resolução de Problemas
UTA's - Unidades de Tratamento de Ar
UV's - Unidades de Ventilação
VSM - *Value Stream Mapping*
WIP - *Work in Progress*

1 Introdução

No presente capítulo é feita a primeira abordagem ao tema da dissertação “Metodologias TRIZ e Ferramentas *Lean* numa Indústria de Unidades de Tratamento de Ar e de Ventilação” apresentando-se, para o efeito, um enquadramento do tema, os objetivos do mesmo e a organização desta dissertação.

1.1 Enquadramento

No panorama económico atual tem-se verificado várias crises sucessivas que obrigam as organizações a implementarem a melhoria contínua para que se mantenham competitivas e se diferenciem dos seus concorrentes de mercado. Sendo a competitividade um ponto fundamental, as empresas tendem a seguir novas estratégias que assentam na inovação e na eliminação de desperdícios. A implementação da metodologia *Lean* leva as organizações centrarem-se na redução e, se possível, na eliminação de atividades que não acrescentam valor ao produto, tornando a produção mais flexível e melhorando a qualidade dos produtos.

As técnicas e ferramentas analíticas do método *Lean*, utilizadas simultaneamente com os instrumentos das outras metodologias, podem completar-se mutuamente.

A inovação sistemática torna-se uma necessidade premente nas organizações, as soluções precisam-se mais inovadoras e criativas, a criatividade deve ser incrementada significativamente em todas as áreas funcionais das empresas. Os problemas que se levantam no cotidiano das organizações são cada vez mais não convencionais, precisando de novas metodologias para a sua identificação e para busca de soluções. De maneira a responder a estas necessidades, a metodologia TRIZ é uma ferramenta que se adequa a estas expectativas. Desta forma, é possível solucionar os problemas com os quais as empresas se deparam.

A aplicação conjunta dos princípios *Lean* e da metodologia TRIZ pode auxiliar as organizações na redução de desperdícios, na melhoria de produtos com base na inovação e na resolução de contradições.

A dissertação foi elaborada no âmbito de um estágio curricular realizado na empresa Sandometal. A empresa foi fundada em 1979 e dedica à produção de unidades de tratamento de ar e de unidades de ventilação. Este segmento de mercado é altamente competitivo, obrigando a empresa a procurar melhorias dos processos internos.

Os trabalhos desenvolvidos na dissertação decorreram em particular na zona de armazém onde se encontra todo o material que necessário.

No início do estágio, foi efetuada uma análise de processos desenvolvidos na fábrica, como a montagens de componentes e corte de material. Os principais problemas identificados estiveram relacionados com a organização do armazém e das zonas de trabalho, com a falha na identificação dos produtos, como as variadas deslocações supérfluas de técnicos, de matérias-primas e de produtos inacabados. Foram também identificadas algumas dificuldades em processos de montagem e existência de erros humanos na escolha dos materiais.

1.2 Objetivos

O principal objetivo da dissertação foi a organização do armazém e gestão de *stocks* internos e externos, de forma a evitar problemas de montagem e ruturas de material, que implicam um prejuízo para o cliente final. O objetivo principal foi complementado com os seguintes objetivos:

- Análise e identificação do tipo de produtos existentes em armazém;
- Inventariação de material;
- Reconfiguração do *layout* na zona de armazém;
- Identificação de contradições e conceptualizar ideias para resolução de problemas.

Durante a realização do estágio também surgiram novas oportunidades de melhoria, como a implementação de procedimentos de deteção de falhas de fornecedores, a alteração de funções executadas por colaboradores da empresa e a melhoria de fluxo de informação através da introdução de dispositivos e programas.

Para atingir os objetivos, realizou-se uma identificação e diagnóstico de problemas no processo produtivo. Para o efeito, foram consideradas as metodologias TRIZ e aplicadas ferramentas *Lean* como a Análise Substância-Campo, Matriz de Contradições, 5S, Trabalho Normalizado, entre outras técnicas.

1.3 Estrutura da Dissertação

A dissertação foi dividida em 6 capítulos:

1. Introdução;
2. Fundamentos e Técnicas da Metodologia Lean;
3. Fundamentos e Instrumentos Analíticos da Metodologia TRIZ;

4. Análise da Situação Inicial na Empresa Sandometal;
5. Implementação de Ferramentas e Metodologias;
6. Discussão de Resultados e Conclusões.

No final encontram-se, ainda, as Referências Bibliográficas e os Anexos.

Inicia-se o primeiro capítulo pela Introdução, onde se apresenta o Enquadramento, os Objetivos do Estudo e a Estrutura da Dissertação.

No segundo capítulo, é apresentada uma revisão bibliográfica relativamente aos Fundamentos e Técnicas da Metodologia *Lean*.

No terceiro capítulo, é desenvolvida uma revisão bibliográfica sobre os Fundamentos e Instrumentos Analíticos da Metodologia TRIZ. No segundo e terceiro capítulos são abordados os temas do enquadramento teórico, que serviu de base ao caso de estudo.

No quarto capítulo é efetuada uma análise à empresa, onde se aborda a sua história, em Portugal, os seus desafios no ramo da metalomecânica e os produtos fabricados. Também é efetuada uma referência aos principais fornecedores, onde são descritos os processos gerais de produção e os problemas iniciais detetados e o desenvolvimento dos seus produtos.

O quinto capítulo irá debruçar-se sobre o trabalho desenvolvido na Sandometal, onde se analisa as situações problemáticas e se explora oportunidades de melhoria, tendo em vista a resolução dos problemas identificados.

No sexto será avaliado a implementação de ações sugeridas durante o estágio, onde também são propostas algumas sugestões de trabalho futuro, procurando sempre melhoria de processos na empresa.

2 Revisão Bibliográfica

O presente capítulo tem como propósito a apresentação da pesquisa e revisão bibliográfica realizada sobre a TRIZ e o *Lean*. Vão ser apresentados princípios e Metodologias da TRIZ e do *Lean* e são também estudadas algumas ferramentas/técnicas inerentes aos conceitos

2.1 Fundamentos e Técnicas da Metodologia

Lean

2.1.1 Origem e Definição do *Lean*

O *Lean* teve origem no Japão, nos finais dos anos quarenta do século XX, onde se designava por *Toyota Production System* e teve como seu criador Taiichi Ohno (Womack, Jones, Roos, 2007). O início do *Toyota Production System* teve como ambição produzir num fluxo contínuo, que não dependesse de longos ciclos produtivos, nem de elevados *stocks* para ser eficiente, precisamente o oposto da produção em massa (Melton, 2005).

Ao contrário da cultura oriental, a indústria ocidental, era representada principalmente pela *General Motors* e pela *Ford Motor Company*. Estas empresas caracterizavam-se pela produção em massa, onde predominava a produção em larga escala, com pouca diversificação de produtos. Um dos exemplos deste tipo de produção é o modelo T que tinha que ser da mesma cor (preto) e apresentava um reduzido número de variantes de chassis.

Eiji Toyoda, fundador da *Toyota Motor Company*, e o seu diretor de produção, Taiichi Ohno, verificaram que a produção em massa não seria a melhor estratégia de gestão, e que esta não iria funcionar no Japão, por este ser um mercado mais pequeno e com menos potencial. (Smith, 2004). A partir desse ponto, desenvolveram uma nova abordagem, o TPS. O *Toyota Production System* caracterizava-se pelo sistema *Pull*, ou seja, produzir apenas aquilo que é pedido pelo cliente.

O termo *Lean* (traduzido como magro) culminou com a pesquisa desenvolvido sobre a indústria automóvel que refletiu sobre redução de desperdício do TPS e o contraste com as formas de produção.(Womack, Jones, Roos, 2007).

2.1.2 Princípios do *Lean*

A produção *Lean* tem por base cinco princípios que foram desenvolvidos por Womack e Jones como apresentado na figura 2.1 (Womack, Jones, 2003).

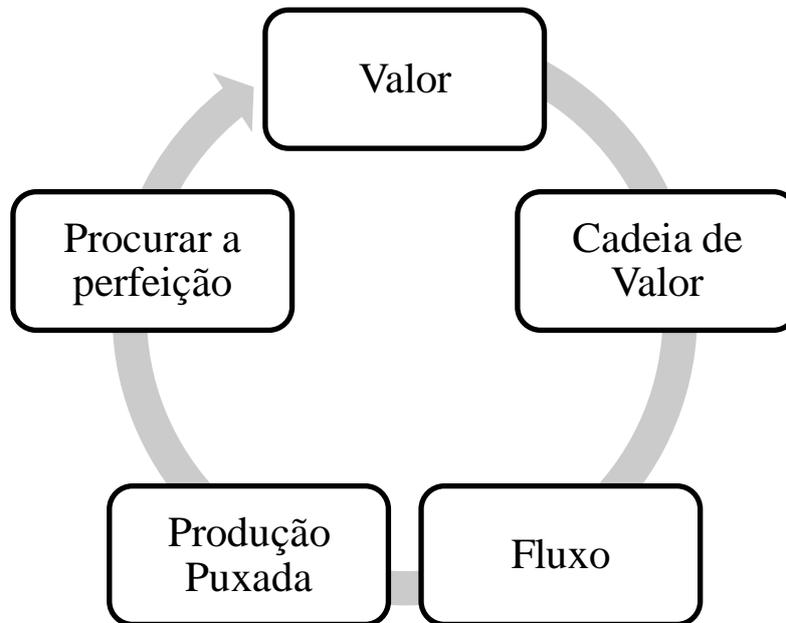


Figura 2.1 - Princípios do *Lean*

Valor:

Sob a perspectiva do cliente, o valor entende-se como sendo o preço que o cliente está disposto a pagar por um determinado produto. As empresas devem ter a capacidade de identificar as funcionalidades, as características e as expectativas que os clientes tenham em relação a um produto. Para além do valor, o produtor, deve ter em consideração os requisitos de qualidade, da quantidade, do tempo de produção e do serviço como exemplificado na figura 2.2.

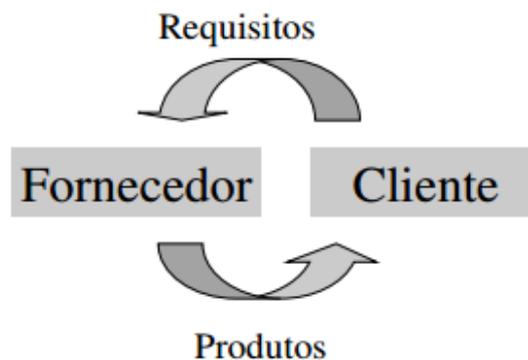


Figura 2.2 - Geração de Valor Segundo a Necessidade do Cliente (Gallardo, 2007)

Se o produto não se encontrar conforme as necessidades do cliente é necessário melhorar. Caso contrário, se este não suprir essas necessidades constitui um desperdício, pois não existe criação de valor.

Em suma, se a organização for ineficiente o cliente terá de suportar todo o tipo de custos associado a uma má gestão.

Cadeia de valor:

Para cada produto é essencial identificar e analisar o fluxo de valor. Após a análise do fluxo de valor deve ser definida uma sequência de processos.

Na cadeia de valor devem ser identificadas as atividades que efetivamente geram valor, as atividades que não acrescentam valor mas são cruciais para a manutenção e qualidade dos produtos, e por fim, as atividades que não agregam nenhum valor, devendo estas ser eliminadas (Koskela, 1992).

Fluxo:

Estabelecer um fluxo contínuo de valor. Após a identificação da cadeia de valor, deve ser criado um fluxo contínuo e fluido, em que só existirá uma ordem de produção quando houver um requisito efetuado por um cliente.

Quando não existe um fluxo contínuo nas organizações, surgem problemas como acumulação de material em *stock* na zona de armazenamento e ao longo da zona de produção.

Produção puxada (*Pull*):

Produzir apenas o que o cliente pretende, implementando o sistema *Pull*. Este sistema permite que sejam os clientes a puxarem pelos produtos ao longo da cadeia de valor, evitando assim a acumulação de *stocks*. Desta forma, só será produzido o necessário e quando for necessário. Neste sentido verifica-se um processo que não é o produtor que define a produção mas sim o cliente.

Procurar a perfeição:

Este princípio incide sobre a melhoria contínua de processos e do seu sistema.

É fundamental, que as organizações adotem práticas de melhoria contínua, procurem aperfeiçoar processos de eliminação de desperdícios e apostem na criação de valor (Liker, 1998).

Apesar de autores como Womack e Jones (2003) considerarem que existem 5 princípios *Lean*, existem outros autores como Pinto (2009) que consideram que este modelo apresenta falhas em dois níveis. Um dos problemas encontra-se na definição de cadeia de valor, onde se limitam à redução de desperdícios continuamente, não dando tanta importância a atividades de valor

como a inovação de produtos e processos.

Segundo Pinto, por vezes o êxito das empresas não está só na satisfação do cliente, onde apenas se foca numa cadeia de valor. As organizações devem também ter em atenção todas as cadeias de valor existentes, como os administrativos, os operários, os futuros clientes, entre outros. (*stakeholders*). Nestas cadeias de valor é necessário envolver todas as partes interessadas, isto é, criar valor em todos os processos da cadeia como apresentado na figura 2.3 (Pinto, 2009).

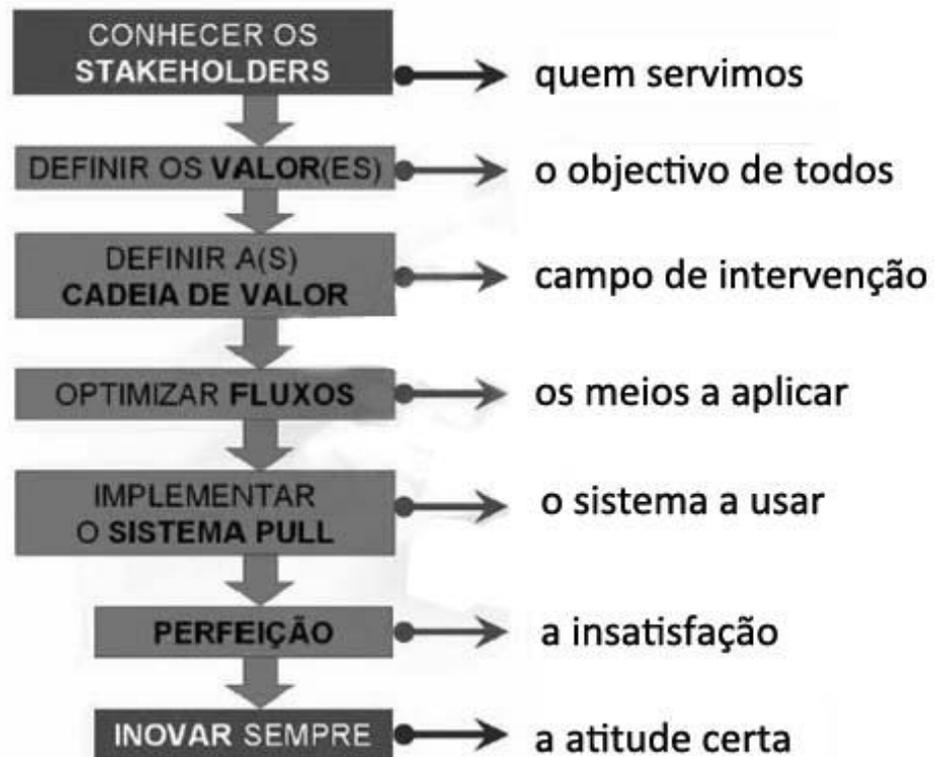


Figura 2.3 - Sete Princípios do *Lean Thinking* (Pinto, 2009)

2.1.3 Tipos de Desperdício

O desperdício, que em japonês significa Muda, representa toda e qualquer atividade que consome recursos (materiais, humanos e financeiros) e que não acrescenta valor ao produto (Ohno, 1988).

Após anos de melhoria das atividades industriais foi possível identificar sete tipos de desperdícios (Suzaki, 1987):

Sobreprodução:

A Toyota concluiu que este é um dos piores desperdícios e um dos mais comuns existentes em

fábricas. Este desperdício ocorre quando a produção é superior à procura de mercado. Como consequência de uma produção excessiva, verifica-se que tem um consumo de matérias-primas desnecessário, um *stock* elevado que requer mais meios de armazenamento, de transporte e consequentemente mão-de-obra para o controlar.

Tempo de espera:

Este é considerado um tipo de desperdício fácil de identificar. Ocorre quando os recursos humanos e os equipamentos não estão disponíveis quando são necessários, provocando perda de produtividade no sistema. Estes tempos de espera geralmente devem-se a avarias de equipamentos, a mudança de ferramentas, a falta de recursos humanos e de materiais, gargalos na produção e ineficiência.

Desperdício com transporte:

Este desperdício passa pelo manuseamento de produtos, uma atividade que não acrescenta valor, e onde existe movimentos de material desnecessário. Resulta de um mau planeamento de *layout* das organizações. Para eliminar este desperdício devem ser feitas melhorias no *layout*, nos métodos de transporte, na arrumação e na organização dos locais de trabalho.

Processamento incorreto ou sobre processamento:

Quando o próprio processo em si é uma fonte de problemas. Este desperdício tem como resultado a utilização de recursos desnecessários, e significa que existem processos que não geram valor. Este deve-se a trabalho mal executado, a ordens de execução de trabalhos incorreta, a utilização de equipamento de forma inadequada e que dá origem a perdas de produtividade.

***Stocks* (inventário):**

Os *stocks* representam o acumular de materiais, componentes e produtos. O armazenar destes componentes requer manuseamento, espaço, pessoas, entre outros. Como referido anteriormente, a ligação entre o excesso de produção e o excesso de inventário aumenta o custo do produto. É importante frisar que os *stocks* tendem a esconder outros problemas nas organizações. Com a redução dos *stocks* até a um determinado nível, é possível chegar à origem de determinados problemas, que até então não estavam visíveis como é exemplificado na figura 2.4.



Figura 2.4 - Problemas Não Visíveis Causados pelo Desperdício de *Stock* (Suzaki, 1987)

Movimentos desnecessários:

Este é um desperdício que não acrescenta valor ao produto, e o fato de haver movimento de operadores, não implica necessariamente trabalho. Este desperdício é o resultado de *layouts* desapropriados e de falta de organização de trabalho entre outros.

Defeitos:

Um produto com defeito caracteriza-se por ser um produto que não está em conformidade. O defeito constitui um desperdício, pois implica que exista consumo de recursos humanos, materiais, tempo e desgaste de ferramentas desnecessários. Ao ocorrer um tipo de defeito num posto, subsequentemente, os próximos postos (estações) terão desperdícios de espera, acrescentando custo ao produto e *lead time* à produção.

A pior consequência é quando os defeitos são detetados pelos clientes após a entrega. A deteção destes defeitos implica custos de garantia e entregas excepcionais, e provavelmente, perda de cota de mercado ficando em risco futuros negócios.

2.1.4 Benefícios do *Lean* e Obstáculos

Os benefícios associados à implementação do pensamento *Lean* nas organizações são os seguintes (Pinto, 2009):

- Aumento contínuo da produtividade;
- Aumento da satisfação;
- Aumento da qualidade;
- Diminuição do *lead time*;
- Diminuição de áreas ocupadas;

- Redução dos custos operacionais;
- Redução dos tempos dos processos produtivos;
- Aumento do desempenho, participação e motivação dos operários;
- Melhorias na comunicação entre as partes interessadas;
- Redução de acidentes de trabalho;
- Aumento da eficiência dos equipamentos;
- Crescimento da empresa com retorno dos investimentos.

O principal obstáculo à implementação do *Lean* nas empresas é a componente humana, A principal causa deve-se à resistência que o ser humano tem à mudança. (Courtois, Pillet, Martin-Bonnefous, 2003).

2.1.5 Ferramentas *Lean*

No presente subcapítulo serão apresentadas algumas das técnicas e ferramentas do *Lean*, nomeadamente os 5S, a gestão visual e a padronização do trabalho, que auxiliaram na identificação e resolução de problemas.

As técnicas e ferramentas do *Lean* são importantes e têm por objetivo a eliminação de desperdícios (Ohno, 1988).

2.1.5.1 Metodologia 5S

A metodologia 5S provém do acrónimo constituído pelos termos japoneses *Seiri* (organização), *Seiton* (arrumação), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização) e *Shitsuke* (disciplina). Esta metodologia procura a sistematização de atividades de arrumação, limpeza, organização e padronização de processos, como é representado na figura 2.5. Esta metodologia visa manter um ambiente de trabalho que proporcione uma maior produtividade (Oakland, 2014).



Figura 2.5 - Pilares do 5S (Alvarenga, 2010)

Seguidamente são apresentados os 5 Sensos:

Seiri - Senso de seleção, separação e arrumação:

Esta etapa consiste na identificação, diferenciação e separação dos objetos necessários dos não necessários, na produção e na zona de trabalho. Neste senso é efetuada uma triagem de objetos, tendo em conta a sua frequência de utilização e a sua importância. Com este processo pretende-se reduzir o espaço ocupado, os *stocks*, os custos e os acidentes de trabalho. Outro fator importante neste senso é oferecer um bom local de trabalho, através da modificação do *layout* e das condições de trabalho e executar as atividades produtivas no tempo previsto.

Seiton - Senso de ordenação, sistematização e organização:

Consiste na organização de zonas, definindo um local para cada objeto e colocação de cada objeto no seu lugar. Desta forma, possibilita ao operador uma forma rápida encontrar objetos, quando estes forem necessários. Esta etapa tem como grande objetivo tornar as zonas de trabalho funcionais, que se encontrem devidamente identificáveis, através do controlo visual.

Para alcançar estes objetivos devem ser utilizadas etiquetas que facilitam a identificação dos materiais, dos locais e das tarefas.

Assim pretende-se uma otimização dos espaços existentes, uma redução do tempo de procura de

ferramentas, de documentos ou de materiais. Também procura gerar um ambiente de trabalho mais propício ao desenvolvimento do trabalho em causa, que contribua para a motivação e produtividade dos operários.

Seiso - Senso de limpeza:

Consiste em eliminar todo o tipo de fonte de sujidade que perturbe a estruturação de um ambiente limpo e que dê segurança ao desenvolvimento da atividade de trabalho. Para tal, devem ser definidas regras de limpeza, áreas a ser limpas, a forma e frequência de limpeza. Após este processo, cada operador fica responsabilizado pela sua zona de trabalho e pela consciência de o manter limpo.

Com este senso procura-se reduzir perdas de matérias, manter os equipamentos em bom estado, proporcionar um ambiente de trabalho que dê segurança aos seus colaboradores e que se reflita essa imagem para os clientes.

Seiketsu - Senso de Normalização e Padronização:

Consiste numa manutenção dos sentidos anteriores, através de procedimentos, regras e criação de padrões que conduzam ao cumprimento dos mesmos. Neste senso não se deve descurar a inovação e a gestão visual, para que todo o processo se torne mais simples, como por exemplo a utilização de cores, símbolos e etiquetas, para distinção de diferentes objetos.

Shitsuke - Senso de disciplina:

Este é, provavelmente, o senso mais difícil de implementar devido à resistência à mudança que normalmente ocorre nas organizações.

Neste caso, procura-se controlar os sentidos aplicados anteriormente, definindo pontos e formas de controlo do programa. Este senso pretende assegurar que os pontos anteriores se mantenham, e verificar que as regras e os procedimentos definidos nos estágios anteriores sejam continuadas mas passíveis de melhoria. O controlo e verificação não devem ser descurados da componente humana, para tal, devem ser aplicados mecanismos de motivação para quebrar algum tipo de resistência e tornar os sentidos uma constante de trabalho.

Segundo Ohno (1988), para uma análise mais profunda, é recomendado que os gestores passem um dia a observar o espaço fabril, e possivelmente, irão descobrir movimentos improdutivos. Só com este tipo de análise é que se torna possível encontrar problemas e convertê-los em trabalho produtivo. O processo deve ser executado em conjunto com os operários (Ohno, 1988).

2.1.5.2 Gestão Visual

A gestão visual é uma ferramenta que em tempo real traduz o estado em que se encontra o sistema (Pinto, 2009). Esta ferramenta procura facilitar a comunicação visual de informações sobre os processos produtivos, regras de trabalho, manutenção de equipamentos, e deve se estender a todas atividades realizadas no espaço fabril.

A gestão visual tem como objetivos (Hall, 1987):

- As informações visuais devem estar numa linguagem simples e acessível, de modo a que todos entendam a mensagem da mesma forma;
- Deve facilitar a comunicação entre chefias e operários;
- Deve permitir a existência de mais autonomia dos operários, no sentido de responsabilizá-los pela tomada de decisões;
- Deve aumentar a partilha de informações por um maior número de pessoas, isto é, as informações que até agora eram apenas conhecidas pela gerência, passam a ser do conhecimento de todos, desde que que seja informação fundamental. Caso contrario, informação em demasia poderá atrasar processos e gerar confusão nos operadores.

A gestão visual pondera dois aspetos: a zona visual (local onde se dispõem as mensagens visuais) e a documentação visual (forma como se dispõe a informação).

Segundo Ohno é possível classificar as diversas formas de controlo, como representado na tabela 2.1 (Ohno, 1988).

Tabela 2.1 - Variável a Controlar vs. Tipo de Controlo Visual a Aplicar

Variável a controlar	Tipo de controlo visual aplicar
Mão-de-obra	Quadros de operação
Equipamentos	Andon
Produto	Kanban
Espaço fabril	5S
Operações	Trabalho padronizado

A figura 2.6 dá alguns exemplos do tipo de controlos existentes em unidades industriais.

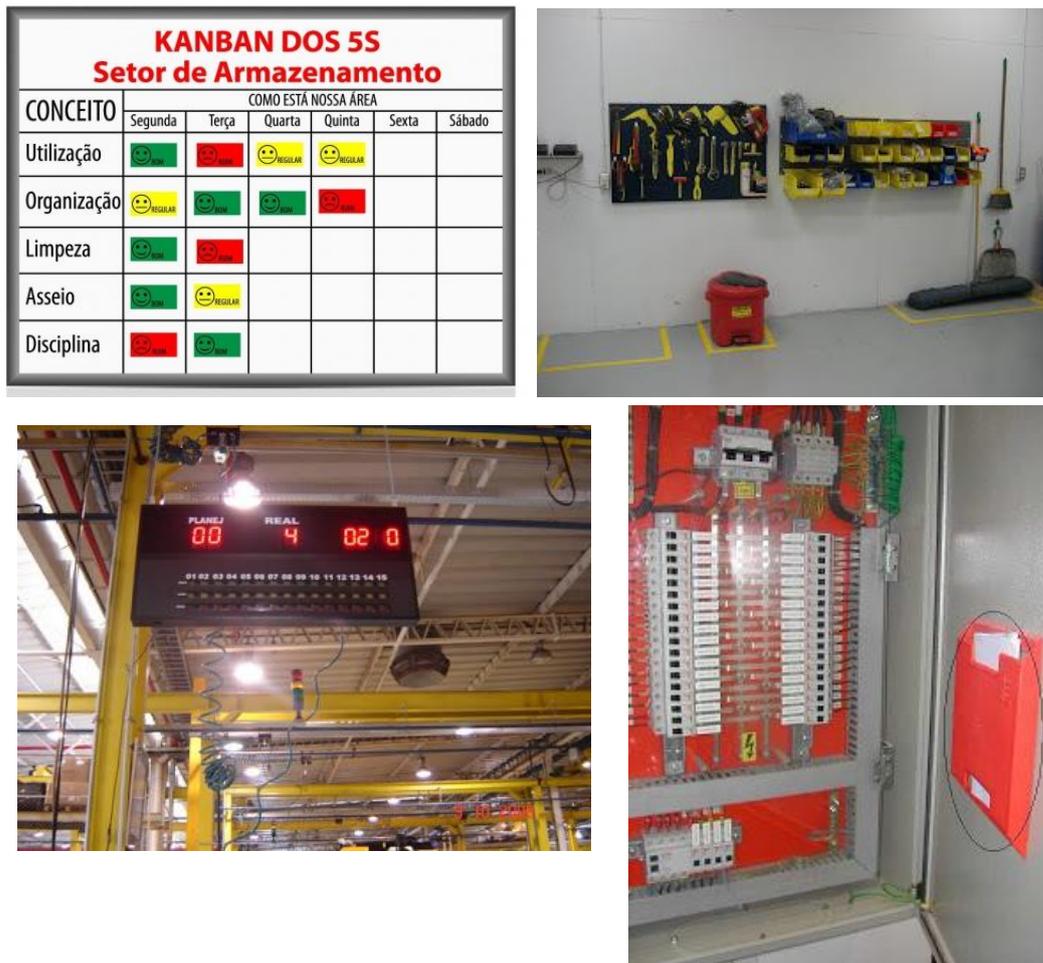


Figura 2.6 - Exemplos de Gestão Visual (Lopes, 2009) (Desidério, 2012)

Na organização deve ser implementada uma cultura contínua de partilha de informações e de gestão visual dos processos, procurando uma melhoria no desempenho. (Pinto, 2009).

2.1.5.3 Normalização do Trabalho

A normalização do trabalho consiste em identificar e estabelecer procedimentos para cada operador, de forma, a diferenciar-se do trabalho focado nos movimentos do operador, das instruções de trabalho ou outras formas tradicionais de padronização. Desta forma, pretende-se que esta normalização se foque no processo ou nas etapas por onde o produto passa (Liker, Meier, 2007).

Esta ferramenta tem como objetivo reduzir desperdícios, diminuir a carga de trabalho, diminuir os riscos de acidentes, aumentar a produtividade e a satisfação dos trabalhadores (Whitmore,

2008).

A padronização do trabalho é constituída por três componentes (Monden, 1998):

1. Tempo de ciclo padronizado: onde se procura saber o tempo necessário para a produção de uma peça desde o início até à sua finalização;
2. Sequência de trabalho padronizada: é um conjunto de tarefas sequenciadas, com métodos pré-definidos, onde o operador repete de forma consistente durante o período de trabalho;
3. Inventário de WIP padronizado: é a quantidade mínima de *stock* necessário para manter um fluxo contínuo de produção, sem que isso crie tempos improdutivos ou interrupção do fluxo de produção.

Para a produção *Lean*, o trabalho padronizado é considerado um fator fundamental, este certifica-se, através da padronização, quais são as atividades que acrescentam valor ao produto, isto é, define as atividades que maximizam o desempenho e minimizam os desperdícios (Spear, Bowen, 1999).

2.2 Fundamentos e Instrumentos Analíticos da Metodologia TRIZ

2.2.1 Origem da Metodologia TRIZ

O TRIZ é o acrónimo de (*Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch*), que significa "Teoria Inventiva de Resolução de Problemas", esta metodologia foi desenvolvida por Genrich S. Altshuller em 1946, na ex-URSS (Altshuller, 1994).

Apesar de muitos engenheiros na União Soviética se terem dedicado ao estudo e aplicação do TRIZ, com sucesso, os resultados obtidos não foram divulgados. Alguns dos estudos são conhecidos através da circulação de documentos "mão em mão" e apenas para os interessados na TRIZ (Savranski, 2000).

Esta metodologia é considerada recente visto que só foi dada a conhecer na década de 90 fora do seu país de origem. Cada vez mais, as organizações apostam no TRIZ como fator preponderante no mercado, com principal enfoque na inovação de produtos e aumento da produtividade (Fey, 2004), (Chap, Altshuller, 2005).

Todas as ciências conhecidas (à exceção da matemática e filosofia) podem ser classificadas segundo três grandes grupos:

- Ciências que estudam a Natureza (Física, Química, Biologia...)
- Ciências que estudam o comportamento humano e a sociedade (Psicologia, Economia, Sociologia)
- Ciências que estudam objetos artificiais (Engenharia Mecânica, Aerodinâmica, Design, Arquitetura)

A TRIZ tem a particularidade, de se basear no conhecimento de todos estes grupos, conferindo-lhe uma capacidade de análise superior a outro tipo de abordagem. Esta metodologia aborda o problema de forma a determinar e categorizar todas as características regulares, aspetos de sistemas técnicos e processos tecnológicos que precisam de ser inventados ou melhorados, bem como o processo da invenção em si (Savranski, 2000).

2.2.2 Estratégia da Metodologia TRIZ

A solução para a resolução de problemas pode ser simplificada, como é apresentado na figura 2.7.

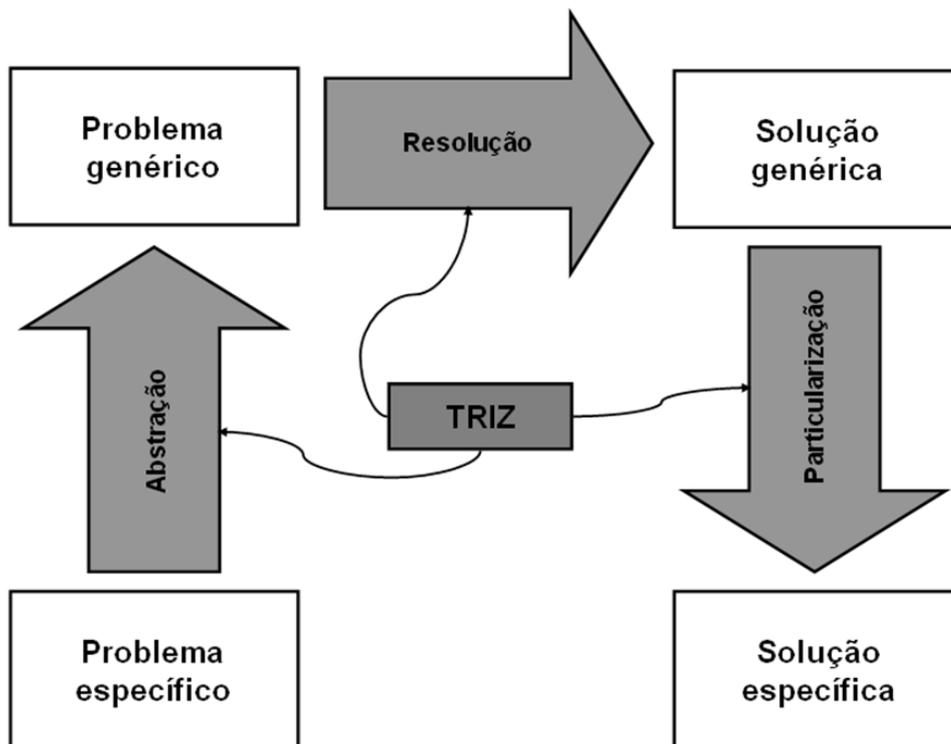


Figura 2.7 - Esquema Simplificado da Metodologia TRIZ (de Carvalho, 2007)

A teoria de resolução de problemas segue determinados procedimentos (Pimentel, 2004):

- Sistematizar o processo passo a passo;
- Guiar através do universo das soluções conhecidas para a solução ideal;
- Ser repetível, confiável e independente de ferramentas psicológicas;
- Dar acesso à base de dados das soluções inventivas;
- Adicionar novas informações à base de dados das soluções inventivas;
- Seguir passos habituais dos inventores, seguindo o processo normal de criação.

Ao identificar um problema específico, procura-se solucionar através da análise da solução problemática e formular problemas abstraindo-se de forma a chegar a um problema genérico. Por fim, é feita a particularização da solução genérica e assim chegar a uma solução específica.

2.2.3 Níveis de Inovação

Um dos trabalhos desenvolvido pelo criador do TRIZ foi a análise de patentes, este analisou cerca de um milhão, e com este processo constatou que se conseguia resolver a maioria dos problemas usando apenas alguns princípios de inovação. Assim sendo, após a sistematização das soluções encontradas, dividiu-se em 5 Níveis de Inovação como apresentado na tabela 2.2 (Navas, 2013):

Tabela 2.2 - Níveis de Inovação

Nível	Descrição e exemplo
1	Não se verifica uma inovação mas sim uma melhoria no sistema, com métodos bem conhecidos (Representa 30% da totalidade das soluções). Ex: Aumento da espessura da parede permite um melhor isolamento nas casas.
2	São feitas pequenas correções nos sistemas onde por base tem métodos bem conhecidos na indústria (Representa 45% da totalidade das soluções). Ex: O uso de colunas de direção ajustáveis para permitir que pessoas com corpos estruturalmente diferentes consigam conduzir confortavelmente um carro.
3	- As melhorias são significativas onde se resolvem contradições dentro de dado sistema (Representa 20 % da totalidade das soluções). Ex: Trocar a transmissão de carros, de transmissão manual por uma transmissão automática.
4	- Estas soluções verificam-se com a aplicação de novos princípios científicos (Representa 4 % da totalidade das soluções). Ex: Limpeza de superfícies ou rebarbas usando cavitação, esta consegue-se através de tecnologia de ultrassom. Ocorrem micro-explosões na superfície a ser limpa através da utilização direta de ultrassons.
5	Soluções pioneiras não exploradas, que tem por base descobertas que requerem uma dedicação de anos e que permite um impulso em termos de evolução (Representa menos de 1% das soluções). Ex: A tecnologia laser em 1960 (Terninko, Zusman, Zlotin, 1998).

Com esta divisão é possível caracterizar o tipo de solução e saber o quão significativo foi a inovação.

2.2.4 Características da TRIZ

Considera-se a TRIZ uma metodologia heurística, orientada para o ser humano, baseada em conhecimento e para a resolução inventiva de problemas (Savranski, 2000).

A TRIZ é baseada em conhecimento porque:

- É constituído por heurísticas para a solução de problemas, cujas fontes têm por base um número significativo de patentes analisadas em vários campos da engenharia;
- Utiliza conhecimento de efeitos descobertos nas ciências naturais e na engenharia;
- Utiliza conhecimentos referentes ao domínio do problema específico. Inclui informações referentes ao sistema, processos e técnicas.

É orientada para ser humano porque:

- As suas heurísticas foram concebidas para uso humano, não computacional. Esta técnica é especialmente eficaz na solução conceitual de problemas, onde na atualidade e com a tecnologia atual o computador não consegue competir com o cérebro humano.

É sistemática porque:

- É composto por heurísticas e métodos estruturados para orientar a resolução de problemas;
- Considera modelos de situações problemáticas, solução para esses problemas e o processo de solução como sistemas.

Solução inventiva de problemas porque:

- É orientada para a resolução de uma classe específica de problemas, aquelas nos quais existem contradições;
- Esta metodologia TRIZ também é entendida como uma filosofia, ciência ou estudo de excelência.

2.2.5 Conceitos Fundamentais da TRIZ

A contradição, os recursos, os padrões de evolução e a idealidade são os principais conceitos do TRIZ. Portanto, verifica-se que em qualquer processo de resolução deve ser aplicado um destes conceitos referidos (de Carvalho, 2007) (Ilevbare, Probert, 2013).

2.2.5.1 Contradição

A contradição é um dos princípios básicos do TRIZ, o problema técnico é definido pelas contradições existentes. Uma contradição aparece quando se procura melhorar alguma característica ou parâmetro mas em contrapartida ocorre a deterioração de outra característica do sistema. Geralmente ocorre devido à incompatibilidade entre características. Existem vários tipos de contradições mas para a TRIZ clássica as principais dividem-se em Contradições técnicas e contradições físicas (Barry, Domb, Slocum, 2008). Existem também outro tipo de contradições menos comuns que são as contradições administrativas (Savranski, 2000).

Verifica-se uma contradição técnica quando se melhora determinadas propriedades mas conduz a uma deterioração de outros parâmetros. Esta contradição ocorre:

- Na criação de uma função útil num subsistema faz com que seja também criada uma função prejudicial ou que intensifique uma função prejudicial já existente noutro subsistema.
- Na eliminação (redução) de uma função nociva provoque a deterioração de outra função útil noutro subsistema.

Contradição física:

Esta contradição ocorre quando existem inconsistências para a condição física do mesmo sistema. Este tipo de contradição ocorre com a:

- Intensificação de uma função útil num subsistema, e simultaneamente, dar-se-á uma intensificação de uma função prejudicial existente no mesmo subsistema;
- Redução de um sistema prejudicial num subsistema, e simultaneamente, haverá uma redução da função útil no mesmo subsistema chave.

E por fim, existem as contradições administrativas, estas surgem quando se procura obter uma solução de um problema. Esta contradição ocorre:

- Quando existe uma relação entre qualidade de produção e diminuição de custos das matérias-primas, onde a resolução do problema passa por uma situação criativa. Neste

caso, a própria contradição administrativa é aplicada de um modo heurístico e provisório, procurando dar uma resposta viável.

2.2.5.2 Recursos

Um dos aspetos fundamentais da TRIZ é reconhecer e mobilizar os recursos necessários. Estes recursos podem ser incluídos em qualquer parte do sistema. O ambiente onde se encontra o sistema permite saber os recursos necessários.

A TRIZ considera importante seguir uma abordagem sistemática na procura de recursos. A pesquisa de recursos tem como foco a compreensão dos requisitos de funções da solução que se procura (Gadd, 2011).

Os recursos podem ser agrupados da seguinte forma (Savranski, 2000):

- Os recursos naturais ou ambientais;
- Os recursos do sistema;
- Recursos funcionais;
- Recursos de substâncias;
- Recursos energéticos / campo;
- Recursos temporais;
- Recursos espaciais;
- Os recursos de informação.

Segundo Savransky (2000) para aumentar idealidade (através da redução dos custos de produção de recursos e redução de danos), os recursos devem ser ordenados preferencialmente da seguinte forma:

- i. Recursos " nocivos" - identificar as funções nocivas ou objetos dos quais podem ser extraídos benefícios;
- ii. Recursos prontamente disponíveis - identificar recursos livres disponíveis, que podem ser utilizados no seu estado atual;
- iii. Recursos provenientes - identificar os recursos que podem ser obtidos por meio da transformação de recursos livremente disponíveis, que não são úteis nos estados existentes.
- iv. Recursos diferenciais - recursos de identidades deriváveis, onde existe diferenças na estrutura ou nas propriedades das substâncias ou campos disponíveis;

2.2.5.3 Padrões de Evolução

Os padrões de evolução dos sistemas tecnológicos refletem como ocorre o desenvolvimento de um sistema. Estes correspondem às semelhanças encontradas por Altshuller (1999), através da análise de sistemas tecnológicos originários de diferentes áreas. Assim, é possível, identificar um padrão do sistema atual onde se prevê como irá ocorrer o seu desenvolvimento, provocando assim, um comportamento antecipado do futuro (Rantanen, 2010).

Altshuller (1999) formulou oito padrões de evolução, ilustrados na tabela 2.3 através de exemplos:

1. Evolução em estágios;
2. Idealidade crescente;
3. Desenvolvimento não uniforme de subsistemas;
4. Dinâmica e controle crescentes;
5. Complexidade crescente, seguida de simplicidade (Redução);
6. Combinação e desagregação de partes;
7. Transição para microsistemas e uso crescente de campos;
8. Envolvimento humano decrescente.

Tabela 2.3 - Evolução de Patentes dos Sistemas Tecnológicos adaptado de Mazur (1995)

Estágio	Padrão	Exemplo	
1.	<p>Evolução em estágios.</p> <p>A tecnologia segue o ciclo de vida: nascimento, crescimento, maturidade e declínio.</p>	<p>Estágio 1. O sistema ainda não existe, mas estão a ser desenvolvidas condições importantes para o seu aparecimento.</p> <p>Estágio 2. Um novo sistema aparece devido a uma invenção de alto nível, mas o desenvolvimento é lento.</p> <p>Estágio 3. A sociedade reconhece o valor do novo sistema.</p> <p>Estágio 4. Acabam os recursos do sistema original.</p> <p>Estágio 5. Emerge a próxima geração do sistema para substituir o sistema original.</p> <p>Estágio 6. Algum uso limitado do sistema original pode coexistir com o novo sistema.</p>	<p>Exemplo: avião</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Tentativas manuais de voar fracassam. 2. Irmãos Wright voam em um biplano a 48 quilômetros por hora. 3. Utilização pelo Exército. Recursos financeiros disponíveis. Velocidade aumenta para 160 quilômetros por hora. 4. Estrutura aerodinâmica de madeira e corda alcançam o limite. 5. Monoplano de estrutura metálica é desenvolvido. 6. Diversos tipos novos de aviões foram desenvolvidos, mas algum uso limitado de biplanos ainda existe.

Continuação (1) da tabela 2.3 - Evolução de Patentes dos Sistemas Tecnológicos adaptado de Mazur, (1995)

2.	Idealidade Crescente.	O computador ENIAC em 1946 pesava várias toneladas, ocupava uma sala e simplesmente realizava funções computacionais. Em 1995, o Toshiba Portégé 610CT pesava 2 quilogramas e era capaz de fazer processamento de texto, cálculos matemáticos, comunicação, gráfico, vídeo e som.
3.	Desenvolvimento não uniforme dos subsistemas resulta em contradições.	Os subsistemas têm diferentes curvas de ciclos de vida. Subsistemas primitivos seguram o desenvolvimento do sistema total. Um erro comum é concentrar-se em melhorar o subsistema errado. Os fracos sistemas aerodinâmicos foram uma das grandes limitações dos primeiros aviões, porque quem projetava estes aviões centrava-se na força da máquina ao invés de melhorar a aerodinâmica.
4.	Dinâmica e controlo crescentes.	Os primeiros automóveis eram controlados pela velocidade da máquina, depois veio a caixa de mudanças manuais, seguida de transmissões automáticas e transmissões continuamente variáveis (CVT).
5.	Complexidade crescente, seguida de simplicidade, através de integração.	Sistemas de música evoluíram aumentando o número de componentes como <i>speakers</i> , rádio AM/FM, leitor de cassete, <i>CD player</i> .
6.	Combinação e desagregação de partes.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Os primeiros automóveis usavam conjunto de molas para absorver a vibração. Esse conjunto era constituído por componentes de carruagens de cavalos. 2. Mais tarde, com pequenas alterações permitiram ajustes das partes, de forma que elas fossem combinadas em um sistema - o amortecedor. 3. Propositadamente, utilizando partes de componentes que não era as ideais permitiu criar recursos adicionais das diferenças. Um exemplo poderia ser a utilização de uma mola bimetálica que altera o coeficiente da mola quando uma corrente fosse aplicada. 4. Combinação e desagregação automáticas, conforme necessário. Por exemplo, o controlo de um sistema de suspensão ativado por computador.
7.	Transição de macro- sistemas para microssistemas, utilizando campos de energia para alcançar melhor desempenho ou controlo.	Desenvolvimento de sistemas como o fogão a lenha até fogão a gás, forno elétrico e micro-ondas.

Continuação (2) da tabela 2.3 - Evolução de Patentes dos Sistemas Tecnológicos adaptado de Mazur, (1995)

8.	Envolvimento humano decrescente, com automação crescente.	Desenvolvimento de lavagem de roupas: tanque - máquina de lavar com campainha - máquina de lavar automática - máquina de lavar automática com compartimentos para detergente e amaciador.
----	---	---

Analisando os modelos tecnológicos correntes e as atuais contradições verificadas nos produtos, a TRIZ pode ser usada como uma ferramenta evolucionária.

2.2.5.4 Idealidade

A idealidade é um conceito que se refere à observação da evolução dos sistemas técnicos, ao longo do tempo, com o pressuposto de aumentar as funções úteis, diminuir as funções prejudiciais, e mesmo, as funções neutras. Quando os parâmetros anteriores ocorrem, é possível observar melhorias incrementais como inovações radicais em produtos.

O princípio da idealidade tende a destacar a evolução dos sistemas para que estes se aproximem da realidade, ou seja, mais seguros, simples e efetivos (mais ideias). Este trata-se do mesmo princípio do *Lean*, tornar o sistema mais "magro", eliminando ou reduzindo os desperdícios, aumentando, conseqüentemente, a funcionalidade e/ou idealidade do sistema (Júnior, 2011).

A idealidade de um sistema pode ser descrita matematicamente pela seguinte expressão:

$$Idealidade = \frac{\sum \text{Funções benéficas}}{\sum \text{funções prejudiciais}}$$

2.2.6 Principais Ferramentas e Técnicas da TRIZ

2.2.6.1 Princípios de Invenção e Matriz de Contradições

Após um estudo e uma análise aprofundada das patentes por Altshuller foi possível criar uma matriz de contradições, esta é importante para a resolução de muitos problemas inventivos atualmente.

Esta matriz de contradições é uma das principais ferramentas e de mais fácil entendimento. Esta matriz é constituída por 39 parâmetros de engenharia (Tabela 2.4) e 40 princípios inventivos

(Tabela 2.5) (Ma, 2009), todos estes princípios cruzam-se, e podem-se excluir os parâmetros que não se aplicam no problema a ser solucionado (Savranski, 2000).

A consulta desta matriz inicia-se com a identificação, nas linhas, dos parâmetros a ser melhorados, nas colunas, identifica-se quais os parâmetros que irão piorar (Anexo 1 pág 77).

Tabela 2.4 - Parâmetros Genéricos de Engenharia

Nº	Parâmetro de Engenharia	Nº	Parâmetro de Engenharia
1	Peso do objeto móvel	21	Potência
2	Peso do objeto estacionário	22	Perda de energia
3	Comprimento do objeto móvel	23	Perda de substância
4	Comprimento do objeto estacionário	24	Perda de informação
5	Área do objeto móvel	25	Perda de tempo
6	Área do objeto estacionário	26	Quantidade de substância
7	Volume do objeto móvel	27	Confiabilidade
8	Volume do objeto estacionário	28	Precisão de medição
9	Velocidade	29	Precisão de fabricação
10	Força	30	Fatores prejudiciais que afetam o objeto
11	Esforço ou pressão	31	Fatores prejudiciais gerados pelo objeto
12	Forma	32	Facilidade de fabricação
13	Estabilidade da composição do objeto	33	Facilidade de operação
14	Resistência	34	Facilidade de reparo
15	Duração da ação do objeto móvel	35	Adaptabilidade ou versatilidade
16	Duração da ação do objeto estacionário	36	Complexidade do objeto
17	Temperatura	37	Dificuldade de deteção e medição
18	Intensidade / brilho da iluminação	38	Grau de automação
19	Energia gasta pelo objeto móvel	39	Produtividade
20	Energia gasta pelo objeto estacionário		

Tabela 2.5 - Princípios Inventivos

Nº	Princípio Inventivo	Nº	Princípio Inventivo
1	Segmentação	21	Aceleração
2	Remoção	22	Transformação do prejuízo em lucro
3	Qualidade Localizada	23	Feedback
4	Mudança de Simetria	24	Intermediação
5	União ou Consolidação	25	Auto-Serviço
6	Universalização	26	Cópia
7	Aninhamento	27	Objetos descartáveis
8	Contrapeso	28	Substituição dos meios mecânicos
9	Compensação Prévia	29	Pneumática e hidráulica
10	Ação Prévia	30	Membranas flexíveis e filmes finos
11	Proteção Prévia	31	Materiais porosos
12	Equipotencialidade	32	Mudança de cor
13	Inversão	33	Homogeneização
14	Recurvação	34	Descarte e regeneração
15	Dinamização	35	Mudança de parâmetros e propriedades
16	Ação Parcial	36	Mudança de fase
17	Outra Dimensão	37	Expansão térmica
18	Vibração Mecânica	38	Oxidantes fortes
19	Ação Periódica	39	Atmosferas inertes
20	Continuidade de ação útil	40	Materiais compostos

Cada um dos Princípios Inventivos da tabela 2.4 tem um significado técnico específico que é apresentado no anexo 2 pág 83.

Os parâmetros de engenharia anteriormente apresentados podem dividir-se em três grupos:

- Parâmetros físicos e geométricos;

Exemplos: massa, tamanho, energia, etc.

- Técnica independente de parâmetros negativos;

Exemplos: desperdício de uma substância ou tempo e perda de informação.

- Técnica independente de parâmetros positivos.

Exemplos: produtividade ou manufacturabilidade

Além destes três grupos, também existem outros de parâmetros já patenteados, mas que ainda não foi desenvolvida nenhuma investigação para a sua análise (Savranski, 2000).

2.2.6.2 Análise Substância-Campo

A ferramenta Análise Substância-Campo é útil para a identificação de problemas técnicos num sistema e procura encontrar soluções para os problemas identificados. Esta análise é considerada uma das ferramentas mais importantes da metodologia TRIZ. Através desta ferramenta é possível modelar um sistema com uma abordagem gráfica que permite identificar problemas e encontrar soluções padronizadas, e que permite uma melhoria do sistema em questão (Savranski, 2000).

Para a aplicação desta ferramenta é necessário passar pelas etapas de construção dos modelos funcionais, que são as seguintes (Altshuller, 1999):

- Construção do diagrama de Substância-Campo;
- Identificação da situação problemática;
- Escolha de uma das opções genéricas (soluções standard);
- Desenvolvimento de uma solução específica para o problema.

Para definir um sistema técnico Substância-Campo são necessárias e suficientes duas substâncias e um campo como exemplificado na figura 2.8, "substâncias" (objetos, componente etc.) e "campos" (ações ou interações) (Navas, 2014).

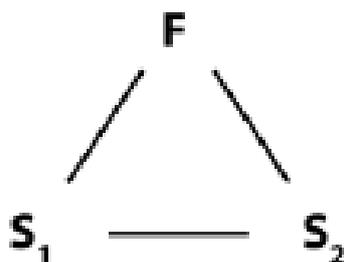


Figura 2.8 - Diagrama Elementar da Análise Substância-Campo

De uma forma genérica, as substâncias S1 e S2 envolvidas na interação podem ser:

- Material;
- Ferramenta;
- Componente;
- Pessoa;
- Ambiente.

Em geral, o campo F que atua sobre as substâncias pode ser:

- Mecânico;
- Térmico;
- Químico;
- Elétrico;
- Magnético.

As duas substâncias interagem, onde uma substância atua sobre a outra substância. Esta interação pode fornecer benefícios ou danos e, por sua vez, as suas ligações podem ser boas, insuficientes, inexistentes ou prejudiciais. Quando o diagrama apresenta problemas os vértices do triângulo podem estar ligados por diferentes tipos de linhas ou podem até mesmo não se encontrar ligados. Desta forma, é possível identificar os problemas existentes, quando estes são identificados, segue-se o desenvolvimento de Soluções-Padrão. Estas Soluções-Padrão vão corrigir problemas removendo ou adicionando substâncias ou campos (Ball, 2009).

Para construir os modelos Substância-Campo, utiliza-se a seguinte simbologia descrita na tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Simbologia Usada em Triângulos Substância-Campo

Símbolos	Significado
	Ação ou efeito desejado
	Ação ou efeito desejado insuficiente (ineficiente)
	Ação ou efeito prejudicial
	Operador de solução

Existem 76 Soluções-Padrão apresentado no Anexo 3 pág. 90 e estes podem ser sintetizadas e generalizadas em 7 Soluções Gerais, onde serão apresentados exemplos de aplicação (Machado, Navas, 2010) (San, 2009).

Solução Geral 1 – Completar um modelo Substância-Campo que se encontre incompleto (Figura 2.9).

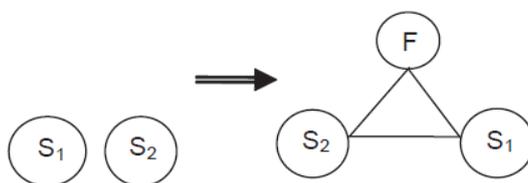


Figura 2.9 - Solução Geral 1

Exemplo: Num processamento de um lote existirem peças com características fora das especificações

Solução Geral 2 – Modificar a substância S2 para eliminar/ reduzir o impacto negativo ou então para produzir/ melhorar o impacto positivo (Figura 2.10).

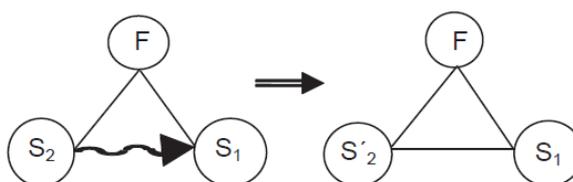


Figura 2.10- Solução Geral 2

Nas atividades *Lean* é frequente encontrar interações que são prejudiciais ou indesejáveis. As alterações que são feitas na substância 2 tem como objetivo evitar as interações anteriores.

Exemplo: Uma máquina que durante o processo de fabrico danifica as superfícies laterais da peça em produção.

Solução Geral 3 - Modificar a substância S1 para eliminar/ reduzir o impacto negativo ou então para produzir/ melhorar o impacto positivo (Figura 2.11).

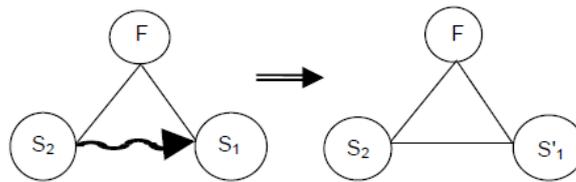


Figura 2.11 - Solução Geral 3

Este tipo de solução é similar à solução geral 2, nesta interação a substância 1 é modificada de modo a ser menos suscetível ou até indiferente um impacto prejudicial. Esta mudança pode ser interna ou externa, temporária ou permanente.

Solução Geral 4 - Modificar o campo F para reduzir ou eliminar o impacto negativo (Figura 2.12).

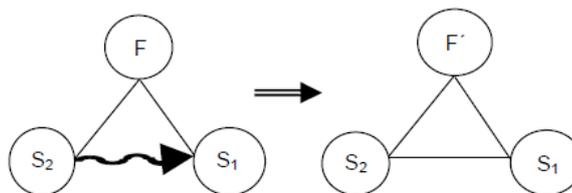


Figura 2.12 - Solução Geral 4

Alterando o campo F, e mantendo as substâncias é uma opção para reduzir ou remover funções prejudiciais.

A possibilidade de mudar o processo tecnológico e as operações manterem as mesmas substâncias, de modo a eliminar ou reduzir interações danosas ao processo.

Solução Geral 5 - Eliminar, neutralizar ou isolar o impacto negativo utilizando outro campo Fx que interaja com o sistema (Figura 2.13).

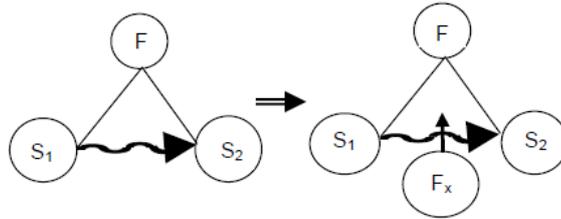


Figura 2.13 - Solução Geral 5

As substâncias e o campo não sofrem qualquer tipo de alteração, simplesmente é utilizado um outro campo F_x que interaja com o sistema.

Exemplo: Uma determinada operação numa máquina cria tensões superficiais nas peças produzidas. A solução específica passa por introduzir um tratamento de calor com o objetivo de reduzir as tensões superficiais.

Solução Geral 6 – Introduzir um novo campo positivo (Figura 2.14).

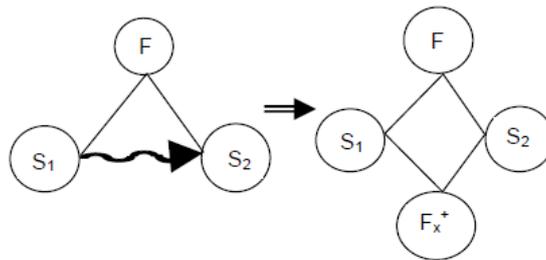


Figura 2.14 - Solução Geral 6

Este tipo de solução é similar á Solução Geral 5.

Um outro campo é introduzido, e os dois campos vão agir em simultâneo com as duas substâncias, com o intuito de melhorar e reduzir o efeito negativo existente no sistema sem alterar os seus elementos.

Solução Geral 7 – Expandir um modelo Substância-Campo existente para um novo sistema em cadeia (Figura 2.15).

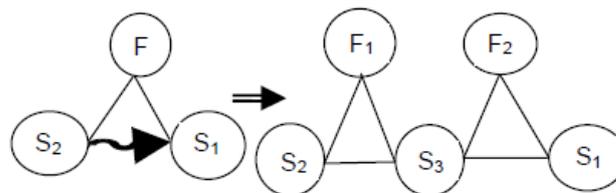


Figura 2.15 - Solução Geral 7

O modelo Substância-Campo pode ser expandido para um sistema em cadeia. Este é concebido através da introdução de uma nova substância S_3 no sistema e com a interação dos campos F_1 e

F2. Ao contrário de outros sistemas existirá uma interação indireta de S2 sobre S1.

2.2.6.3 Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas (ARIZ)

O Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas (ou ARIZ, abreviatura da sigla russa) é um programa algorítmico sequencial, que descreve a sequência de ações que se efetuam para identificar e resolver as contradições, ou seja, para resolução inventiva de problemas. O ARIZ é um processo lógico estruturado, que faz evoluir, de forma incremental, um problema com elevada complexidade, para um ponto em que se simplifica de modo a ser mais fácil de resolver (Orloff, 2006) (Figura 2.16).



Figura 2.16 - Etapas mais importantes do Algoritmo de Resolução dos Problemas de Invenção (ARIZ) (Navas, 2013)

Segundo Altshuller (1999), o ARIZ é especialmente apropriado para resolver problemas fora do habitual, sendo uma ferramenta que visa auxiliar o pensamento, não para substituir o pensamento (Navas, 2013).

Ao longo dos anos, a base analítica da TRIZ foi sucessivamente complementada com novas técnicas e novos efeitos. Atualmente, a versão do ARIZ-85c é a mais utilizada, contém cerca de

85 etapas, mas a versão mais recente do ARIZ tem cerca de 100 passos distintos.

Para o desenvolvimento do ARIZ, o processo inicia-se com a análise do enunciado do problema, seguidamente são formuladas as contradições técnicas e por fim procura-se na tabela de contradições quais os conceitos a utilizar. Caso a tabela de contradições não produza soluções satisfatórias, então o enunciado é reformulado com o objetivo de facilitar a revelação das contradições físicas.

Após esse processo, segue-se a análise de conflitos. Os elementos em conflito incluem a peça que é o elemento que necessita de ser alterado e a ferramenta que é responsável por essa alteração. Deve-se construir modelos gráficos, de maneira, a visualizar o problema de uma forma mais simplificada. O passo seguinte é a formulação do problema em termos do Resultado Final Ideal (RFI). Uma solução só é considerada RFI (Navas, 2013):

- Se conseguir obter uma nova característica benéfica;
- Se eliminar uma característica prejudicial sem degradar as outras ou sem criar novas que também sejam prejudiciais.

O RFI é em seguida transformado em contradição física mais pormenorizada. A eliminação da contradição física baseia-se num dos três princípios:

- Separação temporal das propriedades antagónicas;
- Separação espacial das propriedades antagónicas;
- Separação das propriedades antagónicas por redistribuição das mesmas no interior do sistema.

Caso o processo ARIZ não resolva o problema, este deve ser reformulado e o processo será repetido.

3 Descrição e Análise Crítica

3.1 Apresentação e Caracterização da Empresa

Este capítulo visa a apresentação e análise da empresa Sandometal, na qual foi desenvolvido este projeto.

Esta empresa foi fundada em 1979 pelos atuais acionistas, e nos dias de hoje empresa esta dividida em duas unidades de produção, uma em Alverca e outra localizada em Povos, Vila Franca de Xira.

Esta segunda unidade em Povos foi inaugurada no ano de 2008, a empresa optou por aumentar a sua capacidade produtiva, através do aluguer de uma nova unidade (Anexos 4 pág.101).

Esta empresa metalomecânica dedica-se à produção de atenuadores acústicos, condutas, depósitos, grelhas, difusores, unidades de ventilação e unidades de tratamento de ar.

3.2 História da Empresa em Portugal e a sua Estrutura Organizacional

Alguns marcos históricos apresentados na tabela 3.1 que definem a evolução da empresa:

Tabela 3.1 - História da Empresa

Ano	Acontecimento
1979	Com seis pessoas apenas, iniciou-se a atividade em instalações alugadas com 600 m ² em Castanheira do Ribatejo.
1982	Inaugurou-se instalações próprias em Alverca do Ribatejo, com área coberta de 2.500m ² .
1992	Parte para a internacionalização com presença regular na I.S.H (Feira de Hannover – hoje Frankfurt) onde estabelece contactos e conquista clientes, dando início à exportação.

Continuação Tabela 3.1 História da Empresa

2001	Inicia o fabrico de Unidades de Tratamento de Ar.
2003	Aquisição de novo equipamento para fabrico dos acessórios SpiroSafe. Fornecimento de condutas para os novos estádios do Euro 2004.
2005	Introduz no mercado o CADvent, um Software de cálculo, de projeto e desenho das redes de condutas.
2007	Projeta e desenvolve novos perfis de alumínio com rotura térmica para o fabrico das UTA's- Unidades de Tratamento de Ar.
2008	Abertura de uma nova fábrica em Povos – Castanheira do Ribatejo – Vila Franca de Xira com 4.300m ² de área coberta e área total de 7.500 m ² .
2009	Certificação Eurovent das Unidades de Tratamento de Ar – SDM.
2010	Início do uso do <i>software</i> de cálculo e seleção das Unidades de Tratamento de Ar, SAHS - com interligação com todo o processo produtivo.

Como já referido, a empresa encontra-se dividida em duas instalações, estas encontram-se distanciadas por 10 quilómetros e onde são produzidos diferentes produtos.

Na figura 3.1 é apresentado o organograma da empresa onde é possível ver como está estruturada a empresa.

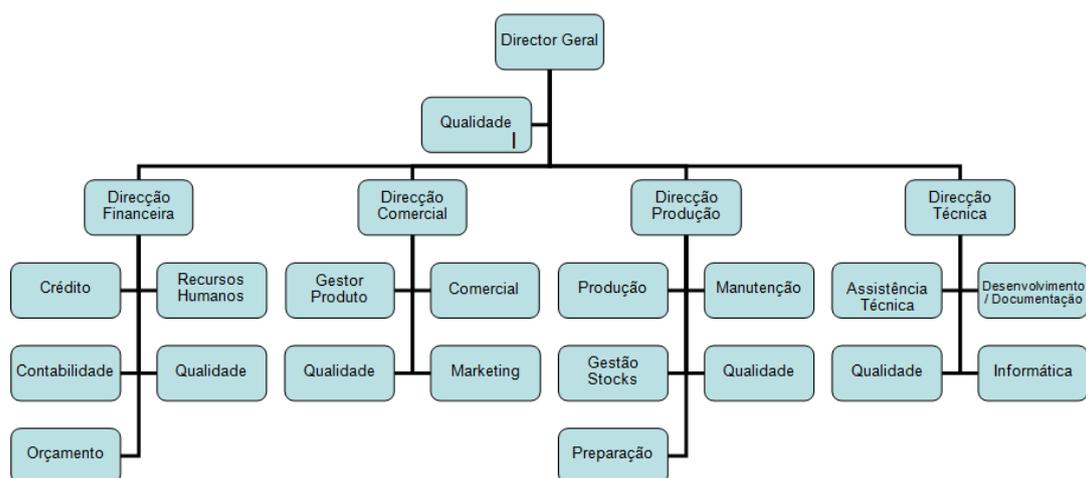


Figura 3.1 - Organograma da Sandometal

3.3 Missão, Valores e Visão

A principal missão da Sandometal é a produção e comercialização de sistemas e componentes para ar condicionado de modo a criar valor acrescentado para os clientes, maximizando a relação com os mesmos.

A contribuição para o progresso, desenvolvimento da comunidade e dos seus clientes, no respeito pela legislação e pelo meio ambiente é um dos principais valores da empresa.

Esta organização é totalmente orientada para o cliente. E tem como base uma comunicação fluída, com capacidade de decisão rápida e orientada por objetivos de melhoria contínua e inovação constante.

A visão da empresa, desde sempre teve como objetivo apresentar não só produtos, mas também soluções. A empresa conta com colaboradores experientes e qualificados, atentos às necessidades dos clientes.

3.4 Principais Produtos

Os produtos que são produzidos pela empresa em Povos dividem-se em unidades de tratamento de ar e unidades de ventilação.

Tipos de máquinas produzidas e especificações técnicas:

Unidades de Tratamento de Ar

As unidades de tratamento de ar (UTA) são desenvolvidas para responder às necessidades de climatização e renovação do ar no interior em edifícios. Estas unidades têm ligação a equipamentos de regulação e controlo adequados, com o objetivo de ter sistemas mais fiáveis quer em aquecimento como em arrefecimento e em tratamento de ar. Assim, com este sistema, é possível ter uma melhor qualidade do ar interior, conforto térmico e eficiência energética das instalações em que se inserem.

Todas as UTA's comercializadas são certificadas pela entidade Eurovent e têm o logotipo da Eurovent como exemplificado na figura 3.2.



Figura 3.2 - Certificado Eurovent

O Certificado Eurovent certifica que as máquinas comercializadas se encontram dentro dos padrões pela União Europeia e segundo os padrões internacionais.

Na figura 3.3 é apresentado o modelo Gama SDM, onde o modelo da UTA é desenvolvido no *software* pelo cliente, através do programa Sandometal Air Handling Software (SAHS).



Figura 3.3 - UTA Gama SDM

Características gerais:

Tipo: modular horizontal em linha, vertical em linha, de 2 andares (“*double-deck*”) ou lado-a-lado (“*side-by-side*”);

Construção *standard*: painel duplo tipo “*sandwich*” em poliuretano injetado espessura ou lâ-de-rocha de 25 ou 45mm, com face interior em chapa galvanizada e face exterior termolacada cor branca; Estrutura em perfil de alumínio simples, alumínio com rotura térmica ou PVC; Gama de caudais: de 500 m³/h a 145.000 m³/h.

Unidades de Ventilação

Os principais objetivos da Unidade de ventilação (UV) é a remoção de elementos indesejáveis existentes no ar interior (exemplo: poeiras, gases, fumos, odores entre outros agentes) e também a renovação do ar interior em locais públicos, espaços comerciais, industriais ou em edifícios de habitação.

Gama EUV

Na figura 3.4 é apresentado o modelo Gama EUV

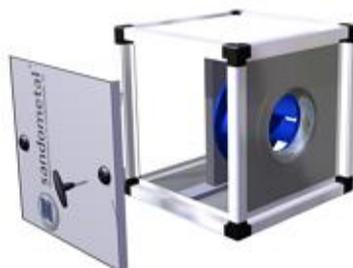


Figura 3.4 - UV Gama EUV

Características gerais:

Construção *standard*: painel duplo tipo “sandwich” em poliuretano injetado espessura 25mm, com face interior em chapa galvanizada e face exterior termolacada cor branca, estrutura em perfil de alumínio

Gama de caudais: de 1500 m³/h a 16.000 m³/h.

Gama AT

Na figura 3.5 é apresentado o modelo Gama AT



Figura 3.5 - UV Gama AT

Características gerais:

Tipo: centrífugo de dupla aspiração de pás avançadas com transmissão por correias.

Construção *standard*: painel duplo tipo “sandwich” em poliuretano injetado espessura 25mm, com face interior em chapa galvanizada e face exterior termolacada cor azul, estrutura em perfil alumínio.

Gama de caudais: de 750 m³/h a 40.000 m³/h.

Gama DD

Na figura 3.6 é apresentado o modelo Gama DD



Figura 3.6 - UV Gama DD

Características gerais:

Tipo: Centrífugo de dupla aspiração de pás avançadas de acoplamento direto;

Construção *standard*: painel duplo tipo “*sandwich*” em poliuretano injetado espessura 25mm, com face interior em chapa galvanizada e face exterior termolacada cor azul, estrutura em perfil alumínio.

Gama de caudais: de 500 m³/h a 6.000 m³/h.

3.5 Principais Fornecedores

Para o desenvolvimento dos produtos, é importante saber quais os principais fornecedores no mercado, saber negociar os prazos de entregas para que os fornecedores sejam pontuais, e por fim saber quais os preços de mercado para cada produto de modo a poder comparar com os vários fornecedores.

Devido à grande variedade de componentes, neste caso vai-se destacar os fornecedores de ventiladores, e os fornecedores que comercializam a estrutura e os componentes para a montagem.

Os principais fornecedores de ventiladores estão representados na Figura 3.7.



Figura 3.7 - Principais Fornecedores de Ventiladores

Na figura 3.8 apresenta-se os principais fornecedores de componentes e estruturas



Figura 3.8 - Principais Fornecedores de Componentes para UTA's e UV's

3.6 Descrição do Processo de Produção Geral

O processo produtivo inicia-se com a receção de matérias-primas. Estas são descarregadas com auxílio de empilhadores ou paletizadores, onde a sua utilização depende do peso e volume do material. Esta função está atribuída a um operador que fica encarregue de receção de material, embalagem e expedição. O material que chega é colocado numa zona de armazém. No caso de não haver espaço suficiente, ficará armazenado na zona exterior junto ao armazém.

De acordo com o tipo de produto produzido referido anteriormente, é feita a montagem, recorrendo a determinadas ferramentas que se encontram nas linhas de montagem. Após a montagem, os produtos são transportados para a zona de expedição. Nesta zona de expedição, são colocados os rótulos nas máquinas, acondicionadas devidamente com plástico, e em seguida feita a expedição, onde é transportado por camiões.

Na figura 3.9 é apresentado um fluxograma que representa as atividades acima referidas.

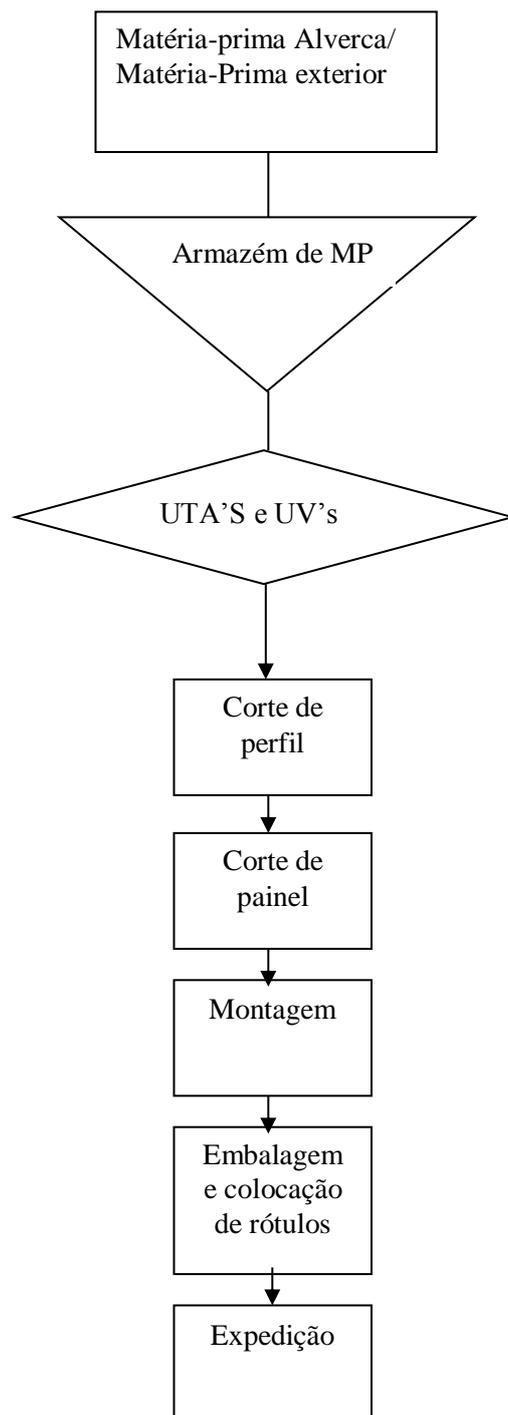


Figura 3.9 - Fluxograma do Processo de Produção Geral

3.7 Problemas Iniciais e Análise Crítica

Fraca organização do armazém

Verificou-se que existia problemas com a gestão de espaço e organização dos materiais existentes em armazém como o aprovisionamento de material de forma inapropriado onde a matéria-prima está em contacto com o chão. Verificou-se material que não se encontrava devidamente identificado, fraca limpeza e zonas de arrumação danificadas. A fraca organização levou a que o acesso ao armazém fosse dificultado, e que se acumulassem determinados produtos que foram descontinuados (monos).

Com esta fraca organização do armazém foi identificado a falta de contabilização e o controlo de material em armazém. Devido à ausência desse controlo, constatou-se que existiram várias ruturas de *stock* de fornecedores externos

Abastecimento Inadequado de Materiais

O abastecimento de material nas linhas de montagem é feito pelos próprios operadores. Sempre que o operário recebe a folha com o desenho de preparação, desloca-se ao armazém e retira as necessidades de materiais que estão na folha de montagem ou conforme necessidades para as primeiras operações (este era um critério definido pelo operador). Verificou-se que determinado tipo de material não se encontra folha de montagem, o que leva o operador a deslocar-se ao armazém conforme as necessidades de material não definido, esta situação leva a uma descoordenação e deslocações desnecessárias da bancada de trabalho para o armazém que por vezes levava a enganos de material durante o *picking* e conseqüentemente aumento do *Lead time*.

Material com Defeito

Durante a observação de montagens, verificou-se que os defeitos no material só eram identificados quando eram recolhidos para a montagem. Estes defeitos não eram reportados aos fornecedores ou quando eram reportados não era possível identificar o número do lote.

Limitações do Software ERP

Durante o processo consulta de materiais verificou-se que a utilização do *software* Alidata apresentava alguns obstáculos (contradições). Um dos problemas encontrados foi o limite de utilizadores no mesmo servidor, este encontra-se limitado a 20 utilizadores a trabalhar ao mesmo tempo. Outro obstáculo encontrado foi o facto de este *software*, em determinadas ocasiões, ser moroso a executar determinadas operações que deveriam ser rápidas, pois do ponto de vista funcional não é exigente, como por exemplo as consultas de *stocks*.

4 Implementação de Ferramentas e Metodologias

Neste capítulo vão ser descritos os trabalhos desenvolvidos no âmbito da dissertação, na unidade de Povos. Primeiramente são abordadas as ferramentas *Lean*. A primeira ferramenta a ser utilizada foi o 5S, onde se identifica os problemas de gestão de espaço e organização e posteriormente utilizou-se o controlo visual, a padronização de trabalho e os *layouts*.

Para além das ferramentas *Lean*, foram aplicadas metodologias TRIZ, mais particularmente a Substância-Campo e a Matriz Contradições. Estas foram utilizadas para resolução de problemas com determinados conflitos e contradições, que por vezes a aplicação de técnicas mais simples não seria possível de solucionar.

4.1 Implementação 5S

A metodologia mais adequada para normalização da zona de armazém são os 5S's.

Os 5S's ajudam na organização e arrumação do posto de trabalho, bem como nas áreas envolventes.

4.1.1 Criação de *checklist*

Inicialmente foi desenvolvido um documento de controlo para executar uma auditoria, este documento teve em consideração os fatores importantes na organização do armazém.

Para desenvolver o documento, foi tido em conta, cada um dos 5 sentidos. Dentro de cada sentido foram definidos pontos que pudessem ajudar explicar os critérios a avaliar e por fim dando exemplos de cada um dos pontos definidos.

Depois de criado esse documento, foi efetuada uma auditoria considerando esses fatores, e posteriormente, foi pontuado de forma a poder verificar se existiu melhorias e pontos onde se deve atuar.

Na tabela 4.1 apresenta-se os pontos que foram tidos em conta para esta análise.

Tabela 4.1 - Parâmetros de Avaliação dos 5S's

5S	Nº	Critério de avaliação	Exemplos
1º Senso			
Organização	1.1	Existência de material obsoleto no armazém	Recipientes, ferramentas, caixotes, matéria-prima
	1.2	Existência materiais sem utilização ou com defeito	Meios de transporte, equipamento de limpeza, caixotes...
	1.3	Existência de materiais, caixotes de transporte ou paletes desorganizados	Material de armazenamento, carros, caixas
	1.4	Existe equipamento desnecessário na zona de trabalho	Armários, prateleiras, cadeiras, computadores
	1.5	Existe informação desnecessária/ irrelevante na área de trabalho	Boletins, instruções, etiquetas erradamente colocadas
2º Senso			
Identificação	2.1	As áreas de armazenagem estão identificadas de acordo com algum modelo	Planeamento em CAD
	2.2	Existem marcas/sinais distintos dentro na zona de trabalho	Marcas indicadoras no chão
	2.3	Existem placas de identificação que distingue zonas de trabalho	Placas de definição de áreas
	2.4	Existem identificações de zonas de arrumação (armários)	Etiquetas do material
3º Senso			
Limpeza	3.1	Os acessos encontra-se desimpedidos e limpos	Zonas de circulação de material
	3.2	Os postos de trabalho estão limpos, sem sujidade e em locais de difícil acesso	Secretárias, computadores
	3.3	A área de trabalho está limpa (chão, paredes, janelas, portas, prateleiras)	Pó, restos de cartão,
	3.4	Os equipamentos de transporte encontram-se limpos	Empilhadores, paletizadores
	3.5	Existem rotinas/ planos ou <i>checklists</i> de limpeza	Limpeza de zonas previamente planeadas
	3.6	Estão disponíveis no posto de trabalho material de limpeza	Detergente e vassouras

Continuação da tabela 4.1

4º Senso			
Padronização	4.1	Os materiais estão armazenados nos locais atribuídos	Prateleiras, áreas de trabalho, armários e gavetas,
	4.2	Existem padrões homogêneos e estão a ser corretamente utilizados	Zonas de armazenamento definidas, quadros de informação <i>standards</i> , as cores utilizadas são <i>standard</i> , identificações <i>standards</i> , identificação das peças
	4.3	Existem planos de limpeza	Definição de um plano para limpeza de alguns componentes de montagem mais sensíveis
	4.4	Existem relatórios para reportar e estão <i>standardizados</i>	Relatório para reportar alterações ou não conformidades de desenho
5º Senso			
Disciplina	5.1	Estão adequadamente treinados para os procedimentos do 5S	Formação a operadores e verificar aplicação correta dos Sentos
	5.2	Existe algum registo da total aceitação dos padrões descritos no ponto 4	Registo de novos procedimentos
	5.3	Os padrões descritos no ponto 4 implementados e em melhoria contínua	Alteração de procedimentos com base em propostas de melhoria de colaboradores
	5.4	Utiliza-se o sistema de registo de defeitos	Propostas de melhoria do colaborador, atualização

Neste caso, foram criados alguns pontos em particular para a zona em análise que é o armazém (Anexos 5 pág.103) Posteriormente, efetuou-se uma segunda análise após a implementação dos 3S. Assim foi possível fazer uma comparação e verificar se efetivamente ocorreram melhorias

Auditoria

Inicialmente, executou-se uma primeira auditoria, que permitiu identificar os pontos que se deviam melhorar bem como avaliar a situação atual do armazém e zonas adjacentes e comparar. Por fim, executou-se uma auditoria final a fim de evidenciar, quantitativamente, as melhorias implementadas.

No decorrer da auditoria, foi possível identificar vários problemas de organização básica, como ilustra a *checklist* de auditoria.

Na primeira auditoria, o valor obtido foi de 20%, considerou-se apenas os 3S visto que esta ferramenta nunca tinha sido aplicada nem nunca tinha sido desenvolvido uma análise em

relação ao armazém (Anexo 5 pág.104). Verificou-se inexistência de métodos e organização no posto de trabalho.

O peso de cada parâmetro de controlo é igual para todos, sendo de 4 pontos cada. Para os três Sensos iniciais, temos uma escala total de 60 pontos.

Aspeto da Secção em Estudo Antes e Depois da Aplicação dos 5S

Na primeira análise verificou-se (Figura 4.1):

- A existência materiais como ventiladores, suportes de ventiladores, caixotes de transporte e paletes desorganizadas;
- Difícil acesso ao armazém;
- Matéria-prima está em contacto com o chão.

Propostas de ações de melhoria:

- Separar o material por zonas predefinidas, neste caso por ilhas onde estão os ventiladores, os suportes devidamente identificados e separados por tamanhos;
- Desimpedir as zonas de circulação de material;
- Proteger as matérias prima de contracto direto.



Figura 4.1 - Armazém Antes da Aplicação do 5S

Na Figura 4.2 é apresentado as alterações após a análise e aplicação das propostas de melhoria



Figura 4.2 - Armazém Depois da Aplicação do 3S

Vantagens associadas às propostas de melhoria:

- Maior facilidade de acesso ao material pretendido e de forma mais rápida;
- Mais facilidade em controlar visualmente as entradas e saídas de material;
- Maior rentabilização do espaço disponível em armazém;
- Evitar danos em matérias-primas mais sensíveis definindo zonas com maior proteção;
- Diminuição do risco de acidentes de trabalho.

Na segunda análise verificou-se (Figura 4.3 e 4.5):

- Material desorganizado;
- Aprovisionamento de material de forma inapropriada.

Propostas de ações de melhoria:

- Separar o material por zonas predefinidas, de modo a que estes fiquem em áreas onde se encontra o material que é montado em conjunto;
- Organizar o material de forma a facilitar a procura.
- Arranjar estruturas apropriadas para arrumação, como por exemplo cantoneiras.



Figura 4.3 - Organização Polias Antes do 3S

Na Figura 4.4 é apresentado as alterações após a análise e aplicação das propostas de melhoria



Figura 4.4 - Organização de Polias Depois do 3S



Figura 4.5 – Organização de Correias Antes do 3S

Na Figura 4.6 é apresentado as alterações após a análise e aplicação das propostas de melhoria



Figura 4.6 - Organização de Correias Depois do 3S

Vantagens associadas às propostas de melhoria:

- Maior facilidade de acesso ao material pretendido e de forma mais rápida;
- Mais facilidade em controlar visualmente as entradas e saídas de material;

Na terceira análise verificou-se (Figura 4.7):

- A existência material que já não era usado para construção de máquinas (monos);
- Falta de limpeza de determinadas zonas de arrumação;

- Prateleiras danificadas.

Propostas de ações de melhoria:

- Separar o material de montagem de UTA's e UV's do material de manutenção do edifício;
- Retirar material que já não tem uso (monos) que se encontra em armazém;
- Substituição de prateleiras que estejam danificadas e que podem provocar danos a peças e ferir operadores;



Figura 4.7 - Organização de Material Antes do 3S

Na Figura 4.8 é apresentado as alterações após a análise e aplicação das propostas de melhoria



Figura 4.8 - Organização de Material Depois do 3S

Vantagens associadas às propostas de melhoria:

- Facilidade em encontrar material;
- Mais espaço disponível para armazenamento;
- Zonas de armazenamento mais limpas e seguras;
- Diminuição do risco de acidentes de trabalho.

Após implementação da ferramenta dos 5 sentidos, definiu-se como objetivo alcançar uma percentagem final de 80% de eficácia.

Salienta-se o facto, de este valor ser apenas medido para os três primeiros 3S.

Com as figuras anteriormente apresentadas, é possível identificar melhorias significativas.

Principais vantagens identificadas no local de trabalho:

- Redução no tempo na procura de material;
- Mais organização no armazém e conseqüentemente mais espaço de arrumação;
- Local de trabalho mais limpo;
- Mais segurança;
- Maior acessibilidade nos locais de passagem por parte de pessoas, empilhadores e paletizadores;
- Maior preservação de matérias-primas e equipamentos;
- Redução de custos para organização;
- Melhoria da imagem da empresa, por parte de clientes se deslocar às instalações.

Com a aplicação das ações sugeridas, verificou-se uma melhoria significativa. Os resultados superaram os objetivos iniciais, com a segunda auditoria atingiu-se um valor de eficácia de 88%, com a análise dos 3S (Anexo 5 pág 106).

Apesar de na segunda auditoria só se ter contabilizado os 3S, na *checklist* os últimos dois sentidos também foram avaliados, assim numa futura auditoria já se poderá desenvolver uma análise com os 5S.

Na figura 4.9, podemos comparar a auditoria inicial e final e verificar o aumento de eficácia que existiu com a aplicação das ações.

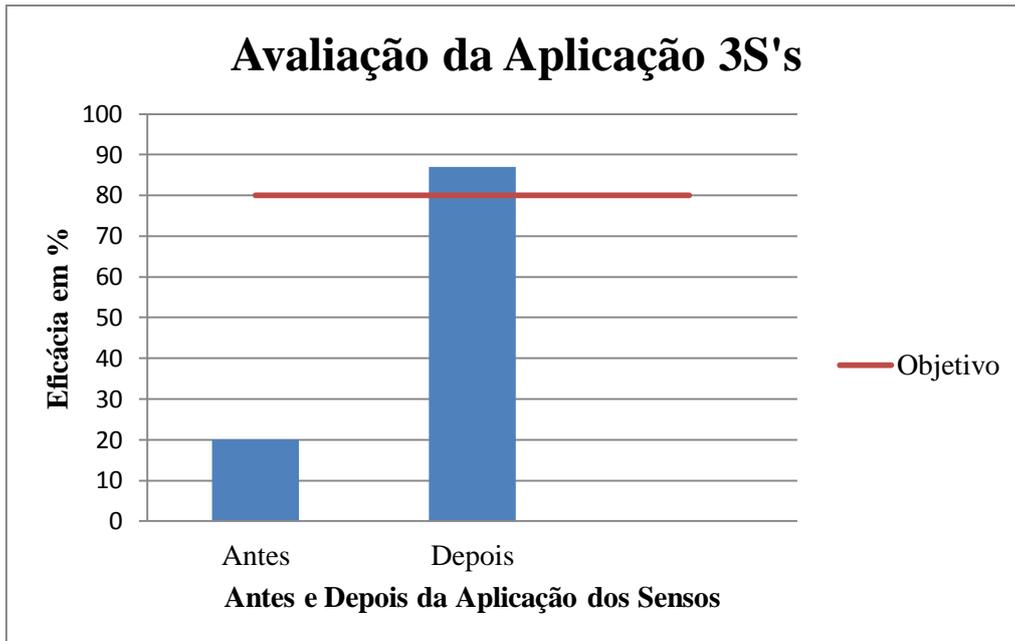


Figura 4.9 - Avaliação de desempenho da aplicação das Ações de Melhorias

A curto prazo, estes procedimentos deveriam ser aplicados em outras secções da empresa.

4.2 Gestão Visual

Sendo os 5S a base para a implementação da gestão visual, e tendo em conta os problemas previamente encontrados, um dos principais objetivos foi a identificação de matérias-primas em armazém. Para tal, foram criadas etiquetas de forma a identificar os produtos, não só com a referência mas também com imagem do produto e o correspondente código de barras. Este tipo de etiqueta foi desenvolvido para auxiliar o processo de *picking*, tendo por objetivo facilitar a identificação e localização (Figura 4.10).



Figura 4.10 - Exemplo de uma Etiqueta

No armazém foram etiquetados cerca de 500 produtos que vão desde ventiladores a parafusos. O processo de etiquetagem pretende facilitar o operador a identificar o material pretendido, também permite associar imagens a peças que são montadas em conjuntos. Neste conjunto é composto por um fecho, um calço e o trinco que complementa o fecho como exemplificado na figura 4.11 e figura 4.12

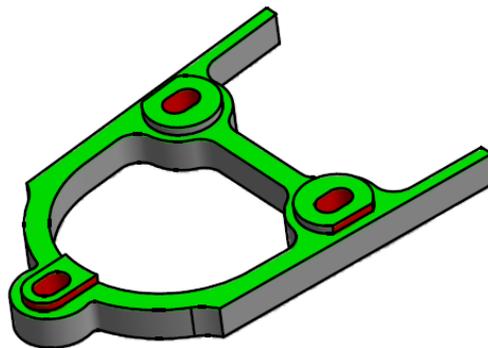
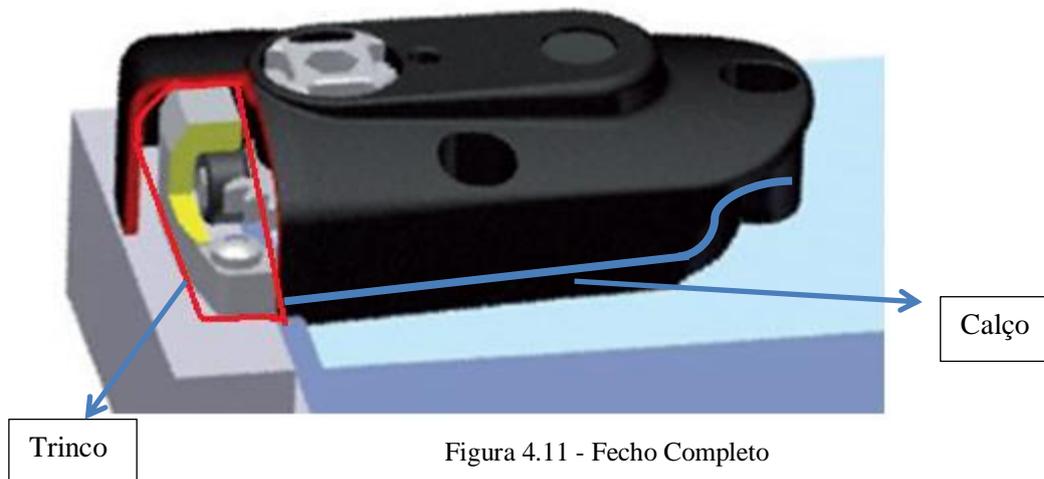


Figura 4.12 – Calço

4.3 Normalização do Trabalho

A padronização é um modo de realizar as atividades sempre da mesma forma e por todos os operários. Constatou-se que existem alguns procedimentos dentro da empresa que não são efetuados da mesma forma por todos os operários, porque de facto não existe uma padronização da conduta de trabalho.

Quando os operadores recebiam o desenho de montagem através do chefe de produção, definiam quando se iriam deslocar ao armazém para recolher o material. Verificou-se que

existia uma descoordenação e deslocações desnecessárias da bancada de trabalho para o armazém que por vezes levava a enganos de material durante o *picking* e consequentemente aumento do *Lead time*.

Após uma análise decidiu-se modificar o modo de *picking*, o fluxo de material e o *layout*.

O gestor de armazém, passou a ser informado pelo *software* de uma entrada de uma máquina em produção. Este executa a leitura dos ficheiros adjacentes a essa máquina e previamente separa o material.

Após o material separado, o gestor de produção define uma linha, onde este material já separado permanece. Nesta etapa, o gestor de produção está encarregado de distribuir as montagens de máquinas pelos operadores.

O material já separado tem uma zona e linha distinta, dependendo da obra e tipo de máquina, UTA ou UV.

Para que estas alterações surtisses efeito, no *Lead time*, foi necessário alterar o *layout* da fábrica numa determinada zona, e posteriormente, foi dada formação aos agentes que iriam integrar estas novas alterações.

Com a padronização de trabalho foi possível definir regras de fluxo de material que antigamente não existia.

Assim foi definido um novo *layout* onde são representados as deslocações dos operadores para as linhas de separação de material. Na figura 4.13, estão representadas as 5 linhas disponíveis para as separações prévias de material, oriundo do armazém.

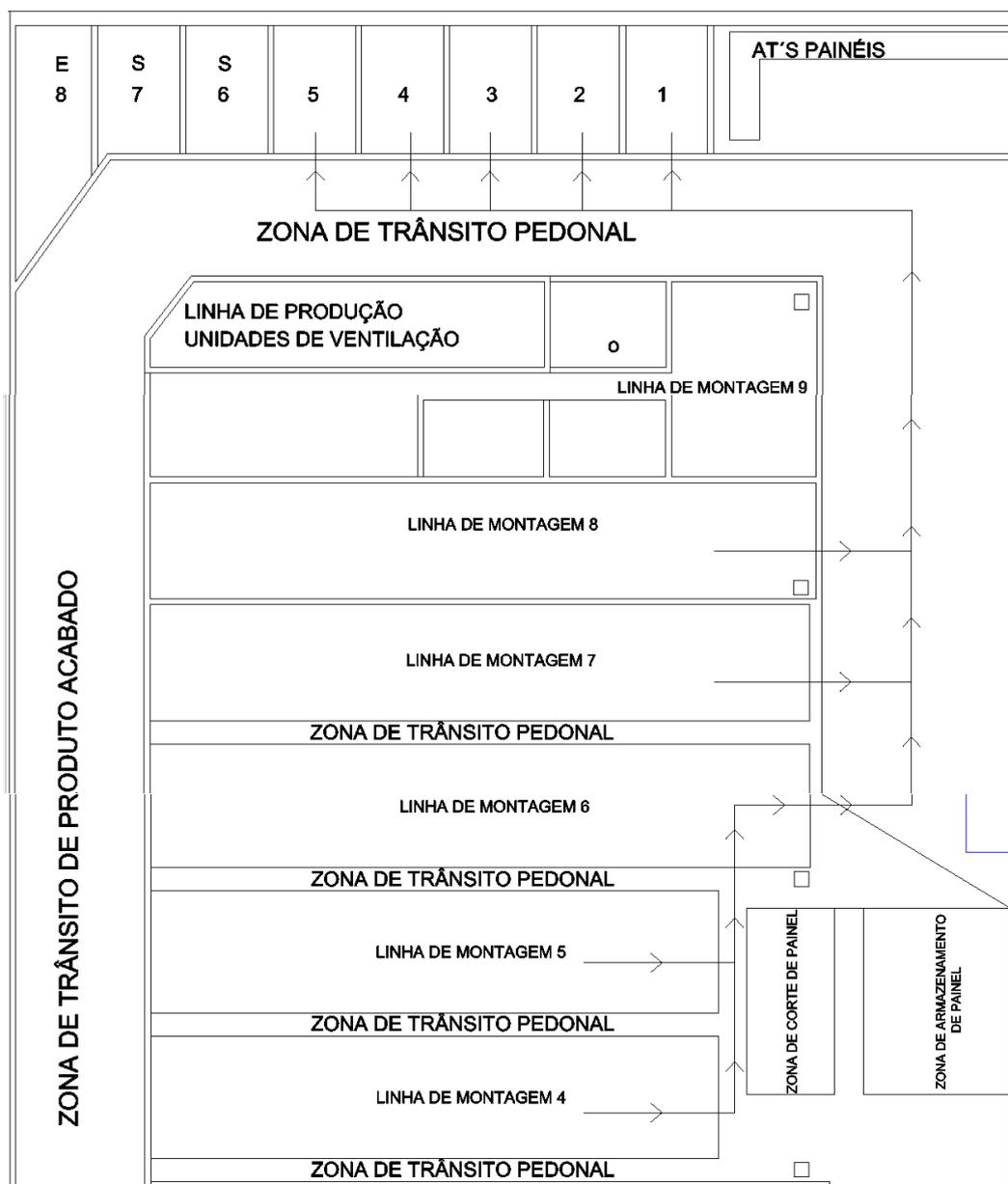


Figura 4.13 - *Layout* das Deslocações dos Postos de Trabalho para a Zona de Separação

Como é possível observar na figura anterior, os operadores deslocam-se das suas bancadas de trabalho para uma determinada linha já pré definida para iniciar a montagem de uma máquina. Também é de evidenciar na figura 4.13, a linha de separação 8 é onde se encontra o material de ensaio e nas linhas 6 e 7, encontra-se material de *stock* usada para ensaios.

Alteração de Layout

Antes de iniciar qualquer trabalho foi desenvolvido um *layout* da distribuição inicial do armazém e zonas adjacentes.

Na figura 4.14 é apresentado o *layout* inicial do armazém e na tabela 4.2 e descrito o pontos do *layout*.

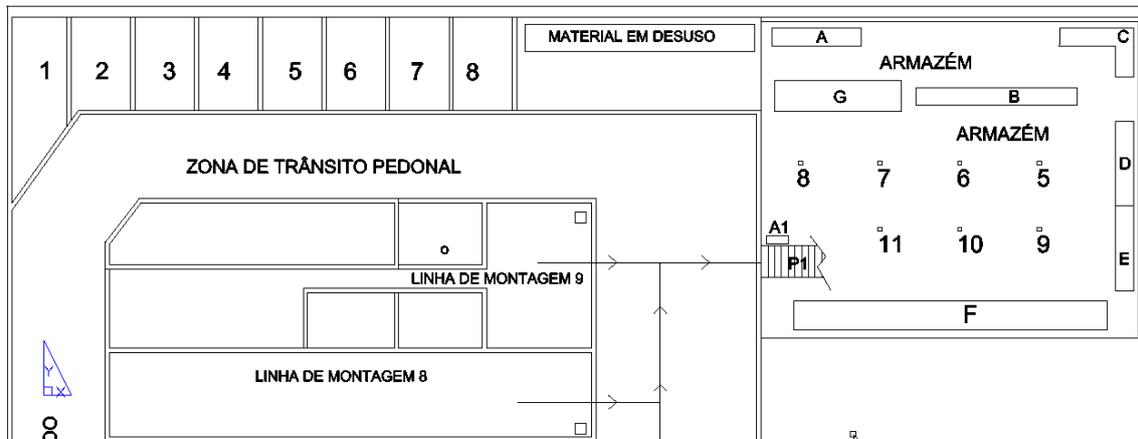


Figura 4.14 - *Layout* Inicial do Armazém

Tabela 4.2 – Descrição das posições do *layout* inicial

A - Peças Metálicas	G - Suportes de ventiladores
B - Ventinlet	8 - Vários ventiladores
C - Material em desuso	9 - Vários ventiladores
D - Material eletrónico	10 - Vários ventiladores
E - Monos	11 - Vários ventiladores
F - Material de montagem	A1 - Recepção de armazém de peças

Após uma análise do espaço disponível, desenvolveu-se um novo *layout* onde se planeia distribuir o material já existente e o novo material que chegasse *a posteriori*. O desenvolvimento destes mapas facilita muito o processo de inventariação.

Na figura 4.15 é apresentado um novo *layout* do armazém e na tabela 4.3 são descritos os pontos do *layout*.

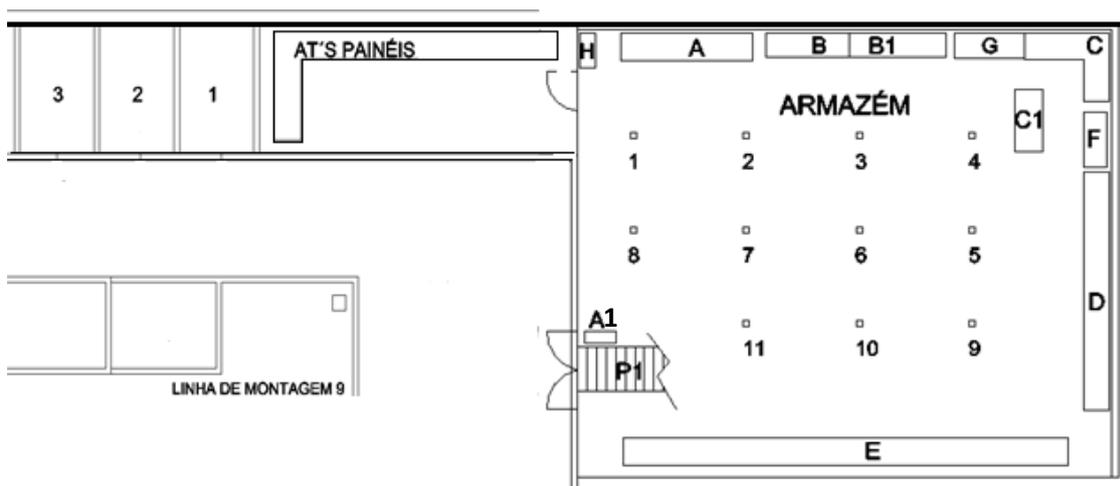


Figura 4.15 - *Layout* Final do Armazém

Tabela 4.3 - Descrição das posições do *layout* final

1 – Ventrhec 56 (ventiladores)	A – Peças metálicas fornecimento interno SA
2 – Ventrhsup 63/56/50 (ventiladores)	B – Ventinlet 25/31/35/40 (cones)
3 – Ventrhsup 40/45 (ventiladores)	B1 – Ventinlet 45/40/56/63 (cones)
4 – Ventrhsup 25/31/35 (ventiladores)	C – Peças fornecedores externos UV's e Polias SPA
5 – Ventrhec 25/31/35 (ventiladores)	C1 – Polias SPZ e Esticadores
6 – Ventrhec 40 (ventiladores)	D – Material eletrônico
7 – Ventrhec 45/50 (ventiladores)	E – Peças fornecedores externos UTA's
8 – Ventrhec 56 (ventiladores)	F – Correias SPZ
9 – Adh's/Rdh (ventiladores)	G – Correias SPA
10 – D-D' (ventiladores)	H - Parafusos
11 – AT's (ventiladores)	A1 - Recepção

A utilização de *layouts* simplifica muito a gestão de armazém, quer para consulta como para organização do espaço.

4.4 Aplicação da Ferramenta TRIZ Substância-Campo

Expandir um Modelo Substância-Campo Existente para um Novo Sistema em Cadeia

O processo de inventariação iniciou-se com a consulta de códigos de produtos no *software* Alidata, com a identificação de produtos que se encontravam em caixas e com os respetivos

rótulos dos fabricantes.

Durante o processo consulta de materiais verificou-se que a utilização do *software* Alidata apresentava alguns obstáculos (contradições). Um dos problemas encontrados foi o limite de utilizadores no mesmo servidor, este encontra-se limitado a 20 utilizadores a trabalhar ao mesmo tempo. Outro obstáculo encontrado foi o facto de este *software*, em determinadas ocasiões, ser moroso a executar determinadas operações que deveriam ser rápidas, pois do ponto de vista funcional não é exigente, como por exemplo as consultas de *stocks*.

Após uma análise e identificadas as contradições deste sistema decidiu-se aplicar a ferramenta Análise Substância-Campo.

Identificando substância S1, como a descrição dos produtos, a substância S2, como a consulta de produtos e, por fim, o campo F como sendo o *software* Alidata que é utilizado para armazenamento dos dados. Assim é possível produzir um modelo Substância-Campo, sendo este um sistema ineficiente (Figura 4.16).

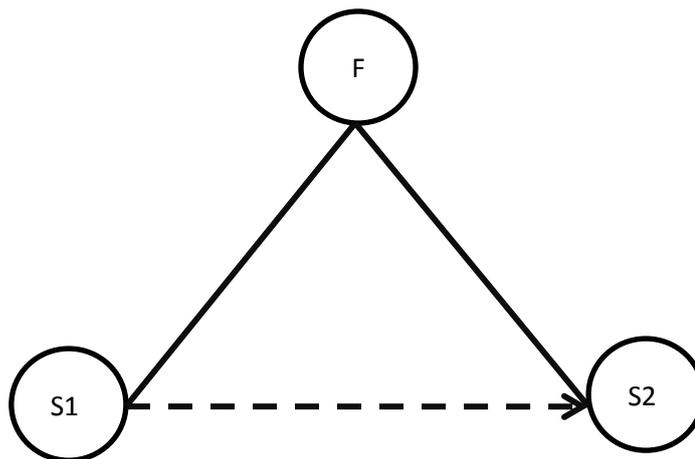


Figura 4.16 - Sistema Ineficiente 1

No capítulo relativo ao TRIZ, constatou-se que as 76 Soluções-Padrão podem ser condensadas e generalizadas em 7 soluções gerais. A sétima solução geral será a que se deve aplicar neste caso uma vez que é um sistema ineficiente, ou seja, deve-se substituir a substância S1 que permitirá reduzir ou eliminar esta ineficiência (Figura 4.17).

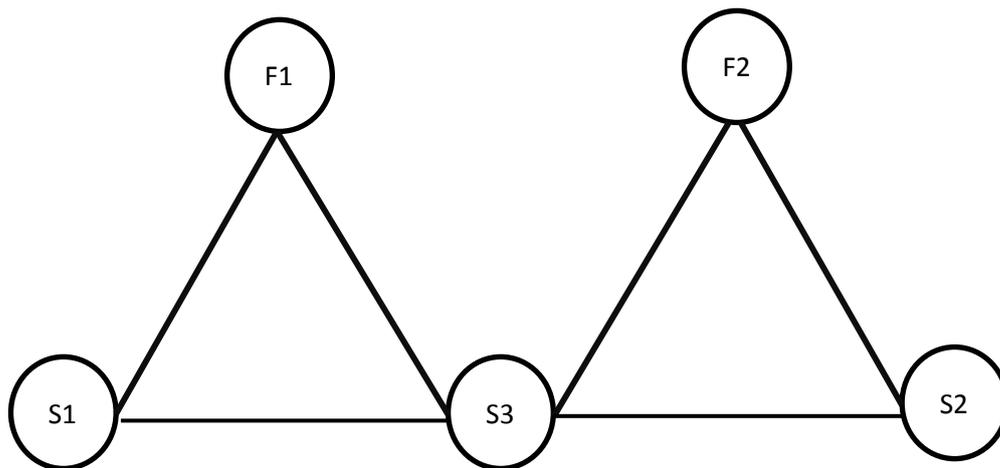


Figura 4.17 - Sistema Eficiente 1 em cadeia

Para a resolução das contradições encontradas, decidiu-se expandir para um sistema em cadeia. Temos S1 como as definições do produto, como F1 o *software* Alidata, a nova substância S3 será um servidor criado internamente, o novo campo F2 será a Base de dados (Cod Alidata) e por fim o S3 é a consulta intermédia de produtos do *software* Alidata.

Neste caso, verificou-se que expandindo o sistema é possível desenvolver uma consulta de produto mais eficiente. Para tal foi criado um campo F2 que corresponde a uma base de dados interna onde é armazenado a informação para consulta. E com este motor de consulta, que é o servidor interno da empresa, é possível fazer a pesquisa de produtos. Após o desenvolvimento deste sistema foi possível contornar os obstáculos acima referidos.

A criação da base de dados permitiu uma melhoria na procura de produtos como:

- Associação de imagens a produtos;
- Definir uma chave do produto;
- Definir a referência;
- Designar um produto (definição do tipo de produto);
- Saber quais os produtos descontinuados;
- Definir o tamanho (não aplicado em alguns casos);
- Consulta de *stocks*;
- Suspensão de códigos.

Na figura 4.18 são apresentados alguns campos da base de consulta existente no Cod Alidata.

IMAGEM CHAVE	REFERENCIA	DESIGNACAO	TAMANHO1	COR	TAMANHO	SUSPENSA
	ACESSUTAMONO_SC_ST	ACESSUTAMONO	ACESSÓRIO UTA (MONO)	-	SC ST	N
	ACTANTIGOS_SC_ST	ACTANTIGOS	ACTUADORES ANTIGOS - SEM REFERÊNCIA NO ?SISTEMA	-	SC ST	N
	AMORT.PES0_SC_ST	AMORT.PES0	AMORTECEDOR PÉ 160kgs REFª. S 00	-	SC ST	N
	AMORT.PES00_SC_ST	AMORT.PES00	AMORTECEDOR PÉ 160kgs REFª. S 00	-	SC ST	N

Figura 4.18 - Exemplo de alguns campos existentes no Cod Alidata

Substituição de um Campo

No seguimento da análise de problemas identificados, neste caso será abordado um problema referente à gestão do *stock* de armazém. Um dos problemas identificados foi a falta de contabilização e o controlo de material em armazém. Devido à ausência desse controlo, constatou-se que existiram várias ruturas de *stock* de fornecedores externos. Denota-se que a maioria das necessidades externas não era reportada atempadamente aos fornecedores. Este é um fator que afeta, diretamente, os prazos de entrega dos produtos produzidos e que pode levar a um não cumprimento com o cliente.

Identificando a substância S1, como o gestor de produção, a substância S2 como o gestor de compras externas e, por fim, o campo que é a troca de informação sobre as compras e o *stock* necessário. Assim torna-se mais fácil produzir um modelo Substância-Campo onde se verificou que o sistema era ineficiente (Figura 4.19).

Neste caso utilizou-se a ferramenta Substância-Campo para uma análise do problema.

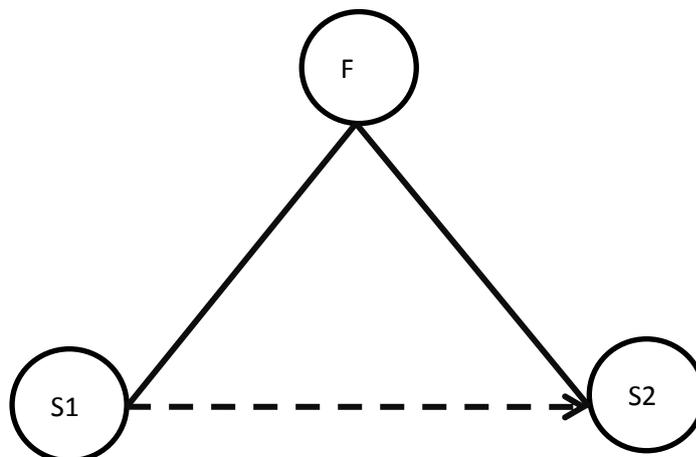


Figura 4.19 - Sistema Ineficiente 2

Como anteriormente referido, constatou-se que as 76 Soluções-Padrão podem ser condensadas e generalizadas em 7 soluções gerais e que a segunda solução geral será a que se deve aplicar neste caso. (Figura 4.20).

Neste caso, verificou-se que era necessário alterar a substância S1, onde se verifica a origem do problema. Alterando a substância S1 por um gestor de armazém.

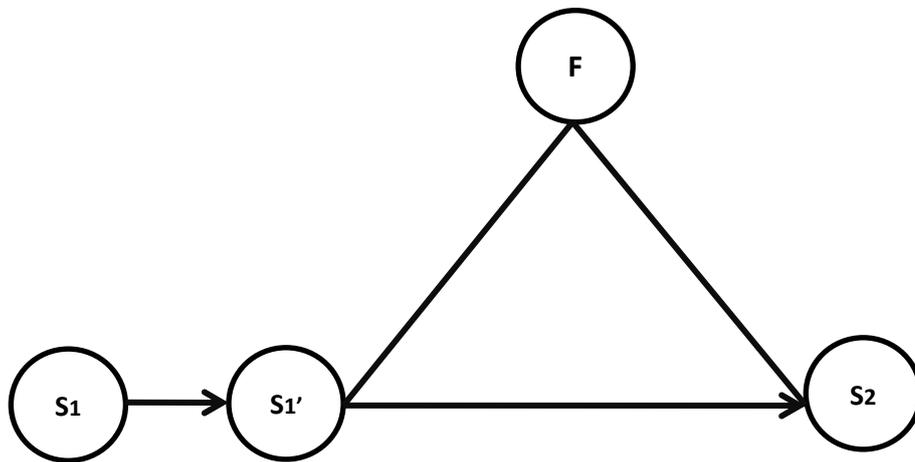


Figura 4.20 - Sistema Eficiente 2

Esta alteração permitiu reduzir o problema, que não passa só por dar baixa de material mas também fazer um controlo sistemático de todos os produtos existentes em armazém. A informação começou a ser reportada mais rapidamente e a fluir melhor a partir de um gestor de armazém para o gestor de compras. Apesar de ter sido feita a substituição com sucesso, continuou a ser necessário o gestor de produção para reportar a falta de determinado tipo de material que não passa pelo armazém, como é o caso de alguns parafusos e de determinadas fitas isoladoras.

Desta forma foi possível determinar os tempos de chegada de material de fornecedores, de precaver futuras ruturas de *stock* e reduzir os *stocks* internos. Esta melhoria também se deve a outras ferramentas aplicadas anteriormente como o 5S.

Introdução de um Campo F

No seguimento da substituição do campo referido anteriormente foi possível identificar uma falha que existia relativamente a produtos não conformes.

Identificando a substância S1 como os produtos externos não conformes e a substância S2 como o gestor de compras e de reclamações de produtos externos. Neste caso, foi identificado um sistema incompleto, onde não era reportado para o fornecedor defeitos ou encomendas incompletas (Figura 4.21).

Neste caso utilizou-se a ferramenta Substância-Campo para uma análise do problema.



Figura 4.21 - Sistema Incompleto

A primeira solução geral será a que se deve aplicar neste caso, uma vez que este sistema é incompleto, ou seja, deve ser introduzido um campo F que permita completar este modelo. (Figura 4.22).

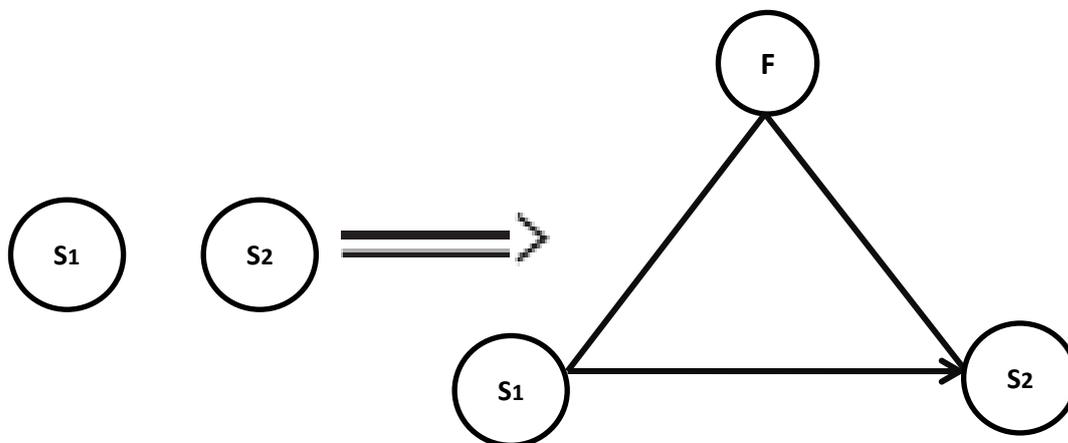


Figura 4.22 - Sistema Completo

Neste caso, verificou-se que era necessário acrescentar um campo F, o gestor de armazém, que permitiu a ligação entre, a substância S1 que são os produtos externos não conformes e a substância S2 que é o gestor de compras e de reclamações de produtos externos.

A solução para este problema passa por ter um campo que reporte as informações de não conformidades para o gestor de compras. Para tal, considerou-se o gestor de armazém era o elemento em falta para este elo funcionar.

Assim o gestor de armazém ficou responsável por reportar defeitos e encomendas incompletas ao gestor de compras.

A partir da introdução deste campo vários problemas relacionados com fornecedores encontrados:

- Ventiladores que não vinham com o manual de instruções;
- Encomendas que não vinham completas (exemplo: caixa de pressostatos com unidades a menos);
- Produtos não conformes.

4.5 Aplicação da Matriz de Contradições

Para a aplicação desta ferramenta, analisou-se o modelo antigo de gestão do armazém, verificando os problemas aí existentes, e posteriormente, é sugerido um modelo com vista a minimizar os fatores que afetam negativamente o processo.

Gestão de Armazém e Baixas de *Stock*

O antigo modelo de gestão de *stocks*, no armazém, consistia em selecionar os produtos um a um do *software* Alidata, e seguidamente era dada baixa no sistema da quantidade retirada. Este processo foi descontinuado, devido ao tempo que este procedimento demorava. Os operadores optaram por simplesmente escrever numa folha o material que retiravam do armazém e, por vezes, não chegavam a registar.

Verificou-se que existia problemas persistentes, como o excesso de determinados produtos que pela mudança de processos de fabricação passaram a ser pouco usados. E, por outro lado, constatou-se uma frequente rutura de *stocks* de material que atualmente é mais utilizado na produção.

Um dos objetivos iniciais era aumentar o controlo do *stock* sem implicar um investimento significativo aproveitando os recursos já existentes.

Como referido anteriormente, o processo de gestão de *stocks* não é uma metodologia nova para a empresa, visto que já foi aplicado no passado mas sem sucesso.

Sabendo os fatores que afetaram negativamente a implementação deste sistema em particular como o tempo despendido no *picking*, foi possível verificar que o TRIZ seria uma metodologia interessante de aplicar devido à sua capacidade de resolver problemas analisado os processos a melhorar e as contradições.

Para tal aplicou-se a ferramenta da Matriz de Contradições (Anexos tabela 05).

Na aplicação do novo sistema pretende-se obter uma melhoria na **(24)** Perda de informação mas implica ter uma contradição técnica que irá piorar o **(25)** Perda de tempo.

Pode-se observar que, no cruzamento dos parâmetros 24 e 25 obtêm-se os princípios de invenção 24, 26, 28 e 32. Identificaram-se então os seguintes princípios de invenção:

24. Mediação

- a) Usar um objeto intermediário para transferir ou executar uma ação;
- b) Conectar temporariamente um objeto num outro que seja fácil de remover

26. Cópia

- a) Usar uma cópia simples e barata, em vez de um objeto que é complexo, caro, frágil ou inconveniente para operar;
- b) Substituir um objeto pela sua cópia ótica ou imagem. Uma escala pode ser usada para reduzir

ou aumentar a imagem;

c) Se são utilizadas cópias óticas, substituí-las por cópias infravermelhas ou ultravioletas.

28. Substituição de sistema mecânico

a) Substituir um sistema mecânico por um dispositivo ótico, acústico ou sistema olfativo (odor);

b) Utilizar um campo elétrico, magnético ou eletromagnético para a interação com o objeto;

c) Substituir os campos:

i. Campos estacionárias por campos que se deslocam;

ii. Campos fixos por aqueles que mudam com o tempo;

iii. Campos aleatórios por campos estruturados;

d) Usar um campo em conjunção com partículas ferromagnéticas.

32. Mudança de cor

a) Mudar a cor de um objeto ou os seus arredores;

b) Alterar o grau de translucidez de um objeto ou de um processo que é difícil de ver;

c) O uso de aditivos coloridos para observar um objeto ou um processo que é difícil de ver;

d) Se tais aditivos já são utilizados, usar vestígios luminescentes ou elementos traçadores.

Destes quatro princípios identificados, apenas dois deles é que foram considerados com potencial para solucionar o problema.

24) Introdução de um novo dispositivo intermediário. Faz ligação entre o código e a base de dados de produtos no computador.

32) No computador organizar a base de dados do sistema por cores.

Uma das soluções foi introduzir no sistema um leitor de código de barras (dispositivo ótico), como apresentado na figura 4.23.



Figura 4.23 - Leitor Ótico

Este dispositivo permite-nos selecionar o produto e este automaticamente fica disponível no

sistema. Depois de ser feita a seleção de produtos, no sistema, fica disponível um item que nos permite selecionar a quantidade de material a sair do armazém de cada produto e assim atualizar automaticamente o *stock*.

Para uma melhor visualização e simplificação do sistema, os produtos selecionados adquirem uma cor verde e alteram para as primeiras posições da lista de materiais. Os códigos não selecionados ficaram bloqueados com uma cor vermelha e ficaram no final da lista.

5 Discussão de Resultados

Neste capítulo são discutidas individualmente as propostas que foram implementadas, as que estão a ser implementadas e as que não foram implementadas, assim como a sua razão. Para cada uma das propostas vai ser analisado o seu impacto na organização.

5.1 Ações já implementadas:

5.1.1 Expandir um Modelo Substância-Campo Existente para um Novo Sistema em Cadeia

A utilização do Cod Alidata em substituição do *software* Alidata tornou-se muito vantajosa para consultas rápidas, e foi um dos sistemas mais utilizados durante o processo de consulta dados para etiquetar os produtos.

Para além dos fatos já referidos, este é uma base de dados que facilmente pode ser reprogramada de modo a fornecer, cada vez mais, informação útil.

5.1.2 Substituição de um Campo

Esta alteração proposta, focou-se em especial na organização de operadores na empresa, onde foram redefinidas posições de trabalho, de forma a delegar de uma maneira mais eficiente a gestão de *stocks* necessários à produção. Verificou-se que a informação passou a fluir melhor, a partir de um gestor de armazém, para o gestor de compras e que posteriormente levou ao desenvolvimento de uma nova aplicação, onde se fez a Introdução de um Campo F

5.1.3 Introdução de um Campo F

Na implementação deste modelo, verificou-se uma melhoria significativa no sistema com a integração do gestor de armazém. Foi possível começar a reportar as informações de não conformidades ao gestor de compras e, por fim, comunicar aos fornecedores.

Um dos problemas que tinha sido identificado foi a falta de manuais nos ventiladores Após ter sido reportado este problema ao fornecedor, certificou-se que as encomendas seguintes vinham

com o respetivo manual.

Os outros problemas que foram reportados, aos fornecedores, aguardam a respetiva resolução.

Além da melhoria do sistema de reportar problemas aos fornecedores, iniciou-se um novo procedimento, um *survey* interno, onde se colocam os problemas identificados, quando é feita a receção e verificação de produtos. Desta forma, é possível no futuro próximo fazer uma estatística de fornecedores, quais os mais fiáveis e os problemas que se repetem com maior frequência.

5.1.4 Padronização da Conduta de Trabalho para o Armazém

A padronização foi uma das ferramentas mais difíceis de aplicar. Durante o trabalho desenvolvido um dos fatores importantes era criar padrões (procedimentos internos) de trabalho. Para tal, foi previamente planeado e retratado uma planta por onde os operadores se deslocariam durante a execução do *picking* do material.

Durante a implementação desta conduta de trabalho padronizada, observou-se alguma resistência por parte de alguns operadores. Habitualmente os operadores que montavam as máquinas também faziam o *picking* do material no armazém.

Verificou-se que no início muitos dos operadores passavam pelo armazém para saber onde se encontrava o material que já tinha sido previamente separado e que já se encontrava na linha que o gestor de produção tinha definido.

Apesar dessa situação inicial, atualmente é possível constatar que esta ferramenta foi bem-sucedida, agora os operadores já sabem onde se devem deslocar para ir buscar o material para iniciar a produção de uma máquina.

Outro dos problemas identificados foi o facto de os desenhos de montagem não descreverem as peças todas. Esta situação implicava que, quando era feita a separação de material, faltassem sempre algumas peças, pois estas não se encontravam na lista, e conseqüentemente conduziu várias deslocações ao armazém adicionais. Foi efetuada uma análise que levou à criação de conjuntos de peças, isto é, quando uma “peça mãe” é chamada, as outras peças associadas a essa montagem também são chamadas automaticamente. Após a implementação desta melhoria, tem-se verificado uma diminuição de deslocações ao armazém.

5.1.5 5S

Esta foi uma das ferramentas mais importantes durante o trabalho desenvolvido na empresa, sendo uma ferramenta implementada com êxito. O início do trabalho realizado na Sandometal

deu-se com o 5S, e em particular, na zona de armazém. A implementação decorreu durante dois meses, tendo sido crucial para iniciar a aplicação de novas ferramentas, como o controlo visual. Entre outras propostas de melhoria já implementadas, foram introduzidas auditorias internas periódicas. A percentagem de eficácia verificada durante a primeira auditoria situou-se nos 20% e, após a implementação dos 3S, melhorou significativamente, aumentando para 87%, superando as expectativas que se situavam em 80%.

A realização das auditorias visa identificar os pontos críticos e as oportunidades de melhoria.

5.2 Ações em fase de implementação

5.2.1 Controlo visual

O controlo visual é ferramenta que ainda se encontra em fase de implementação.

Foi constatada uma elevada variabilidade de produtos que dão entrada no armazém, devido à constante evolução das UTA's e UV's e dos seus componentes.

Uma outra especificidade da aplicação do controlo visual está relacionada com a necessidade de adaptação permanente, por exemplo, mais recentemente deu-se entrada do material elétrico no armazém, onde ainda estão a ser definidas áreas de arrumação, pois este tipo de material é extremamente sensível à humidade e pode facilmente danificar-se. O material elétrico requer um elevado cuidado de manuseamento devido ao preço dos componentes usados e às suas reduzidas dimensões.

5.3 Ações a implementar a médio e longo prazo:

5.3.1 Gestão de Armazém e Baixas de *Stock*

Este sistema foi pensado para facilitar e mais rapidamente dar baixas de material através de um *software*. Este sistema ainda não ter entrado em funcionamento, porém deve ser implementado num futuro próximo.

O material técnico, como o leitor de código de barras, já foi adquirido pela empresa. Para o arranque deste sistema ainda é necessário modelar uma base de dados. Esta base de dados será programada em PHP em conjunto com o *software* Alidata e o Cod Alidata, com o objetivo de tornar mais rápida a identificação do produto do qual se pretende dar baixa, sem a necessidade

de aceder ao *software* Alidata, como até então tem sido feito. Atualmente para dar baixa do material é necessário ir a cada produto no *software* Alidata e dar baixa produto a produto. Este é um dos problemas que a implementação vai tentar contornar.

6 Conclusão

Neste capítulo é apresentado as conclusões do trabalho realizado e é desenvolvida uma análise sobre o trabalho futuro a desenvolver.

6.1 Conclusão

Com este estudo, reitera-se a importância da aplicação das ferramentas *Lean* e a metodologia TRIZ, para a melhoria de processos nas organizações. A implementação das ferramentas *Lean* em conjunto com as técnicas de resolução de problemas da TRIZ, constitui uma prometedora solução para atingir melhorias significativas na eficácia e na eficiência dos processos praticados por uma organização. Tendo em conta que, as ferramentas associadas à TRIZ e ao *Lean* podem ter um importante contributo para o crescimento da empresa e para o estabelecimento de uma posição relevante no mercado onde atua.

Os principais objetivos do estudo realizado visaram a análise das operações realizadas no armazém e elaboração de propostas de melhoria das mesmas. Para além disso, foi realizada uma análise nas zonas envolventes ao armazém, onde foram desenvolvidos *layouts* com as zonas de circulação de operadores, com o propósito de diminuir os tempos de deslocações para abastecimento das bancadas de trabalho com material.

Após a análise aprofundada, foram identificadas algumas contradições que dificultavam a execução de procedimentos no sistema. Para a resolução dos problemas encontrados foram aplicadas algumas técnicas do TRIZ.

A utilização da metodologia TRIZ foi um ponto crucial no desenvolvimento do trabalho. A versatilidade de resolução de problemas via TRIZ ajudou muito no estudo do desenvolvimento. Entre as ferramentas do método TRIZ destaca-se a Análise Substância-Campo, devido á sua versatilidade com múltiplos usos não só relacionado com a engenharia mas também a resolver problemas organizacionais. A possibilidade de sintetizar as 76 soluções padrão em 7 permite a quem a utiliza esta ferramenta ter maior facilidade de compreensão.

A Matriz de Contradições também demonstrou ser uma ferramenta importante, apesar de estar mais limitada na resolução de problemas mais técnicos.

6.2 Trabalho futuro

No seguimento do trabalho desenvolvido, deve ser aplicada a metodologia *Lean* diretamente nas linhas de produção, iniciando-se pelo 5S, procurando melhorar a organização de alguns setores de montagem. Este processo poderá levar algum tempo a ser desenvolvido, visto que durante o período de estágio, verificou-se alguma resistência a mudanças de organização por parte de alguns operadores. Sendo que a alteração nas bancadas de trabalho deverá ser o último passo a tomar, para não causar perturbação na dinâmica da empresa.

Após esta análise, deverá aplicar-se ferramentas como o Mapeamento do Fluxo de Valor, tendo como principal objetivo a realização de um diagnóstico acerca do fluxo de valor existente na empresa. Esta deve ser executada nas duas unidades de produção, de modo a averiguar os fluxos internos entre as unidades de Alverca e Povos.

Com a recente aquisição de uma máquina CNC, deveria ser feita uma análise ao OEE de forma a extrair todas as potencialidades que esta máquina poderá trazer à produção.

Com estas duas ferramentas apresentadas poder-se-ia verificar a existência de problemas, principalmente das paragens devido a falhas de fornecimento dos materiais de montagem. E por fim, numa perspetiva mais alargada, aplicar o TOC (Teoria das Restrições) para produtos altamente variáveis. A aplicação do TOC permitirá realizar a análise das restrições que podem ocorrer no sistema e, assim, calcular com maior precisão o tempo de montagem de uma máquina com todas as condicionantes associadas, sendo um dos fatores principais a customização de cada UTA, sendo estas feitas em conformidade com desenhos enviados por clientes.

Referências Bibliográficas

- Altshuller, G. (1994). *And Suddenly the Inventor Appeared. translated by Lev Shulyak. Worcestre,r*. Edições M. T. I. Center, 1ªEd.
- Altshuller, G. (1999). *Tools of Classical Triz*. Edições Ideation International Incorporated.
- Alvarenga, R. L. (2010). Metodologia 5S's – O que é? Qual o conceito? Retrieved January 10, 2015, de <https://universodalogistica.wordpress.com/2010/04/08/metodologia-5ss-o-que-e-qual-o-conceito/>
- Ball, L. (2009). *Triz Power Tools: Resolving Problems*. Edições C. Authors.
- Chap, S., & Altshuller, G. S. (2005). 4. Instrumentos para o desenvolvimento de soluções inovadoras 4.9 TRIZ.
- Courtois, A., Pillet, M., & Martin-Bonnefous, C. (2003). *Gestão da Produção*. Edições Lidel - edições técnicas, 6ª Ed.
- De Carvalho, M. . (2007). *Metodologia ideatriz para a ideação de novos produtos*. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.
- Desidério, Z. (2012). Kanban! a Gestão Visual. Retrieved January 15, 2015, de http://www.qualidadebrasil.com.br/noticia/kanban_a_gestao_visual
- Fey, V. (2004). *Why Does TRIZ Fly But Not Soar*. Edições I. Future TRIZ Conference. Florença.
- Gadd, K. (2011). *TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving*. Edições L. John Wiley & Sons 1ªEd.
- Hall, R. (1987). *Attaining Manufacturing Excellence – Just in Time, Total Quality, Total People Involvement*. Edições Homewood.
- Ilevbare, I.M., D. Probert, and R. P. (2013). *A review of TRIZ, and its benefits and challenges in practice*. Edições Technovation.
- Júnior, A. N. (2011). *TRIZ- Metodologia para solução inventiva de problemas*. Edição do Autor, 1ª Ed.
- Barry, K., Domb, E., Slocum, M. (2008). What is TRIZ? Retrieved December 04, 2014, de http://www.triz-journal.com/archives/what_is_triz/.
- Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construction. *Center for Integrated Facility Engineering*.
- Liker, J. K. (1998). *Becoming Lean: Inside Stories of U.S. Manufacturers*. Edições Portland, Oregon: Productivity Press 1ª Ed.

- Liker, J. K.; Meier, D. (2007). *O Modelo Toyota: manual de aplicação*. Edições. Bookman.
- Lopes, C. (2009). Gerenciamento Visual. Retrieved January 15, 2015, de gerenciamentovisual.blogspot.com/
- Ma, J., et al. (2009). *Research and Application of the TRIZ Contradiction Matrix in OOD. in Software Engineering*. WCSE '09 World Congress on Software Engineering - Volume 03.
- Machado, V. a C., & Navas, H. V. G. (2010). Usage of TRIZ Methodology in a Lean Management Environment, TRIZ Future Conference 2010, Bergamo Itália Novembro 2010.
- Mazur, G. (1995). TRIZ. Retrieved January 26, 2014, de <http://www.mazur.net/triz/index.html>
- Melton, T. (2005). *The Benefits of Lean Manufacturing, What Lean Thinking has to Offer the Process Industries*. Edições U. MIME Solutions Ltd, Chester).
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System - An Integrated Approach to Just-In-Time*. Edições Norcross, 3ª Ed.
- Navas, H. V. G. (2013). TRIZ, uma metodologia para a resolução de problemas. *Guia de Empresas Certificadas*.
- Navas, H. V. G. (2014). Fundamentos do TRIZ Part e VIII - Modelo Substância -Campo. *Inovação E Empreendedorismo* nº57.
- Oakland, J. S. (2014). *Total Quality Management and Operational Excellence: Text with Cases*, Edições Routledge, 4ª Ed.
- Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large Scale-Production*, Edições Portland, Oregon: Productivity Press.
- Orloff, M. A. (2006). *Inventive Thinking through TRIZ: A Practical Guide*, Edições Springer, 2ª Ed.
- Pimentel, A. R. (2004). Considerações sobre TRIZ e a sua Aplicação no Desenvolvimento de Software. *Revista Científica Das Faculdades Eseei*.
- Pinto, J. (2009). *Pensamento Lean*,. Edições Lidel -Edições técnicas 1ªEd.
- Rantanen, K. and E. D. (2010). *Simplified TRIZ: New Problem Solving Applications for Engineers and Manufacturing Professionals*. Edições T. & Francis, 2ª Ed.
- Ricky Smith, B. H. (2004). *Lean Maintenance: Reduce Costs, Improve Quality, and Increase Market Share*. Edições. Elsevier Inc 1ª Ed.
- San, Y. T. (2009). *TRIZ - Systematic Innovation in Manufacturing*. Edições F. Sdn. Bhd, 1ªEd.
- Savranski, S. D. (2000). *Engineering of Creativity (Introduction of Methodology of Inventive Problem Solving)*. Edições CRC Press, 1ª Ed.
- Spear, S., & Bowen, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, vol. 77.

- Suzaki, K. (1987). *New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement*. Edições New York Free Press, 1ª Ed.
- Terninko, J., Zusman, A., & Zlotin, B. (1998). *Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ*. Edições CRC Press, 1ª Ed.
- Whitmore, T. (2008). Standardized Work: document your process and make problems visible. *Manufacturing Engineering*, v. 140.
- Womack, J.P., e Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York Free Press,, 2ª Ed.
- Womack, J.P., Jones, D.T., e Roos, D. (2007). *The Machine That Changed The World: The Story of Lean Production*. New York: Free Press., 2ª Ed.

Anexo 1 - Tabelas da Matriz de Contradições

Tabela 0.1 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 1-13) (Altshuller, 1999)

Características		Resultados indesejados												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Características a melhorar	1 Peso (objecto móvel)	-	-	15, 8 29, 34	-	29, 17 38, 34	-	29, 2 40, 28	-	2, 8 15, 38	8, 10 18, 37	10, 14 37, 40	10, 14 35, 40	1, 35 19, 39
	2 Peso (objecto imóvel)	-	-	-	10, 1 29, 35	-	35, 30 13, 2	-	5, 35 14, 2	-	8, 10 19, 35	13, 29 10, 18	13, 10 29, 14	26, 39 1, 40
	3 Comprimento (objecto móvel)	8, 15 29, 34	-	-	-	15, 17 4	-	7, 17 4, 35	-	13, 4 8	17, 10 4	1, 8 35	1, 8 10, 29	1, 8 15, 34
	4 Comprimento (objecto imóvel)	-	35, 28 40, 29	-	-	17, 7 10, 40	-	35, 8 2, 14	-	28, 10	1, 14 35	13, 14 15, 7	39, 37 35	
	5 Área (objecto móvel)	2, 17 29, 4	-	14, 15 18, 4	-	-	-	7, 14 17, 4	-	29, 30 4, 34	19, 30 35, 2	10, 15 36, 28	5, 34 29, 4	11, 2 13, 39
	6 Área (objecto imóvel)	-	30, 2 14, 18	-	26, 7 9, 39	-	-	-	-	-	1, 18 35, 36	10, 15 36, 37	-	2, 38
	7 Volume (objecto móvel)	2, 26 29, 40	-	1, 7 4, 35	-	1, 7 4, 17	-	-	-	29, 4 38, 34	15, 35 36, 37	6, 35 36, 37	1, 15 29, 4	28, 10 1, 39
	8 Volume (objecto imóvel)	-	35, 10 19, 14	19, 14	35, 8 2, 14	-	-	-	-	-	2, 18 37	24, 35	7, 2 35	34, 28 35, 40
	9 Velocidade	2, 28 13, 38	-	13, 14 8	-	29, 30 34	-	7, 29 34	-	-	13, 28 15, 19	6, 18 38, 40	35, 15 18, 34	28, 33 1, 18
	10 Força	8, 1 37, 18	18, 13 1, 28	17, 19 9, 36	28, 10	19, 10 15	1, 18 36, 37	15, 9 12, 37	2, 36 18, 37	13, 28 15, 12	-	18, 21 11	10, 35 40, 34	35, 10 21
	11 Tensão, pressão	10, 36 37, 40	13, 29 10, 18	35, 10 36	35, 1 14, 16	10, 15 36, 28	10, 15 36, 37	6, 35 10	35, 24	6, 35 36	36, 35 21	-	35, 4 15, 10	35, 33 2, 40
	12 Forma	8, 10 29, 40	15, 10 26, 3	29, 34 5, 4	13, 14 10, 7	5, 34 4, 10	-	14, 4 15, 22	7, 2 35	35, 15 34, 18	35, 10 37, 40	34, 15 10, 14	-	33, 1 18, 4
	13 Estabilidade do objecto	21, 35 2, 39	26, 39 1, 40	13, 15 1, 28	37	2, 11 13	39	28, 10 19, 39	34, 28 35, 40	33, 15 28, 18	10, 35 21, 16	2, 35 40	22, 1 18, 4	-
	14 Resistência	1, 8, 40 15	40, 26 27, 1	1, 15 8, 35	15, 14 28, 26	3, 34 40, 29	9, 40 28	10, 15 14, 7	9, 14 17, 15	8, 13 26, 14	10, 18 3, 14	10, 3 18, 40	10, 30 35, 40	13, 17 35
	15 Durabilidade (objecto móvel)	19, 5 34, 31	-	2, 19 9	-	3, 17 19	-	10, 2 19, 30	-	3, 35 5	19, 2 16	19, 3 27	14, 26 28, 25	13, 3 35
	16 Durabilidade (objecto imóvel)	-	6, 27 19, 16	-	1, 40 35	-	-	-	35, 34 38	-	-	-	-	39, 3 35, 23
	17 Temperatura	36, 22 6, 38	22, 35 32	15, 19 9	15, 19 9	3, 35 39, 18	35, 38	34, 39 40, 18	35, 6 4	2, 28 36, 30	35, 10 3, 21	35, 39 19, 2	14, 22 19, 32	1, 35 32
	18 Claridade	19, 1 32	2, 35 32	19, 32 16	-	19, 32 26	-	2, 13 10	-	10, 13 19	26, 19 6	-	32, 30	32, 3 27
	19 Energia dispensada (objecto móvel)	12, 18 28, 31	-	12, 28	-	15, 19 25	-	35, 13 18	-	8, 35	16, 26 21, 2	23, 14 25	12, 2 29	19, 13 17, 24
	20 Energia dispensada (objecto imóvel)	-	19, 9 6, 27	-	-	-	-	-	-	-	36, 37	-	-	27, 4 29, 18

Tabela 0.2 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 14-26)
(Altshuller, 1999)

Características		Resultados indesejados													
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Características a melhorar	1 Peso (objecto móvel)	28, 27 18, 40	5, 34 31, 35	-	6, 29 4, 38	19, 1 32	35, 12 34, 31	-	12, 36 18, 31	6, 2 34, 19	5, 35 3, 31	10, 24 35	10, 35 20, 28	3, 26 18, 31	
	2 Peso (objecto imóvel)	28, 2 10, 27	-	2, 27 19, 6	28, 19 32, 22	19, 32 35	-	18, 19 28, 1	15, 19 18, 22	18, 19 28, 15	5, 8 13, 30	10, 15 35	10, 20 35, 26	19, 6 18, 26	
	3 Comprimento (objecto móvel)	8, 35 29, 34	19	-	10, 15 19	32	8, 35 24	-	1, 35	7, 2 35, 39	4, 29 23, 10	1, 24	15, 2 29	29, 35	
	4 Comprimento (objecto imóvel)	15, 14 28, 26	-	1, 40 35	3, 35 38, 18	3, 25	-	-	12, 8	6, 28	10, 28 24, 35	24, 26	30, 29 14	-	
	5 Área (objecto móvel)	3, 15 40, 14	6, 3	-	2, 15 16	15, 32 19, 13	19, 32	-	19, 10 32, 18	15, 17 30, 26	10, 35 2, 39	30, 26	26, 4	29, 30 6, 13	
	6 Área (objecto imóvel)	40	-	2, 10 19, 30	35, 39 38	-	-	-	17, 32	17, 7 30	10, 14 18, 39	30, 16	10, 35 4, 18	2, 18 40, 4	
	7 Volume (objecto móvel)	9, 14 15, 7	6, 35 4	-	34, 39 10, 18	2, 13 10	35	-	35, 6 13, 18	7, 15 13, 16	36, 39 34, 10	2, 22	2, 6 34, 10	29, 30 7	
	8 Volume (objecto imóvel)	9, 14 17, 15	-	35, 34 38	35, 6 4	-	-	-	30, 6	-	10, 39 35, 34	-	35, 16 32, 18	35, 3	
	9 Velocidade	8, 3 26, 14	3, 19 35, 5	-	28, 30 36, 2	10, 13 19	8, 15 35, 38	-	19, 35 38, 2	14, 20 19, 35	10, 13 28, 38	13, 26	-	10, 19 29, 38	
	10 Força	35, 10 14, 27	19, 2	-	35, 10 21	-	19, 17 10	1, 16 36, 37	19, 35 18, 37	14, 15	8, 35 40, 5	-	10, 37 36	14, 29 18, 36	
	11 Tensão, pressão	9, 18 3, 40	19, 3 27	-	35, 39 19, 2	-	14, 24 10, 37	-	10, 35 14	2, 36 25	10, 36 3, 37	-	37, 36 4	10, 14 36	
	12 Forma	30, 14 10, 40	14, 26 9, 25	-	22, 14 19, 32	13, 15 32	2, 6 34, 14	-	4, 6 2	14	35, 29 3, 5	-	14, 10 34, 17	36, 22	
	13 Estabilidade do objecto	17, 9 15	13, 27 10, 35	39, 3 35, 23	35, 1 32	32, 3 27, 15	13, 19	27, 4 29, 18	32, 35 27, 31	14, 2 39, 6	2, 14 30, 40	-	35, 27	15, 32 35	
	14 Resistência	27, 3 10	27, 3 26	-	30, 10 40	35, 19	19, 35 10	35	10, 26 35, 28	35	35, 28 31, 40	-	29, 3 28, 10	29, 10 27	
	15 Durabilidade (objecto móvel)	27, 3 10	-	-	19, 35 39	2, 19 4, 35	28, 6 35, 18	-	19, 10 35, 38	-	28, 27 3, 18	10	20, 10 28, 18	3, 35 10, 40	
	16 Durabilidade (objecto imóvel)	-	-	-	19, 18 36, 40	-	-	-	16	-	27, 16 18, 38	10	28, 20 10, 16	3, 35 31	
	17 Temperatura	10, 30 22, 40	19, 13 39	19, 18 36, 40	-	32, 30 21, 16	19, 15 3, 17	-	2, 14 17, 25	21, 17 35, 38	21, 36 29, 31	-	35, 28 21, 18	3, 17 30, 39	
	18 Claridade	35, 19	2, 19 6	-	32, 35 19	-	32, 1 19	32, 35 1, 15	32	13, 16 1, 6	13, 1	1, 6	19, 1 26, 17	1, 19	
	19 Energia dispensada (objecto móvel)	5, 19 9, 35	28, 35 6, 18	-	19, 24 3, 14	2, 15 19	-	-	6, 19 37, 18	12, 22 15, 24	35, 24 18, 5	-	35, 38 19, 18	34, 23 16, 18	
	20 Energia dispensada (objecto imóvel)	35	-	-	-	19, 2 35, 32	-	-	-	-	28, 27 18, 31	-	-	3, 35 31	

Tabela 0.3 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 1-20 vs. Resultados Indesejados 27-39)
(Altshuller, 1999)

Características		Resultados indesejados												
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Características a melhorar	1 Peso (objecto móvel)	3, 11 1, 27	28, 27 35, 26	28, 35 26, 18	22, 21 18, 27	22, 35 31, 39	27, 28 1, 36	35, 3 2, 24	2, 27 28, 11	29, 5 15, 8	26, 30 36, 34	28, 29 26, 32	26, 35 18, 19	35, 3 24, 37
	2 Peso (objecto imóvel)	10, 28 8, 3	18, 26 28	10, 1 35, 17	2, 19 22, 37	35, 22 1, 39	28, 1 9	6, 13 1, 32	2, 27 28, 11	19, 15 29	1, 10 26, 39	25, 28 17, 15	2, 26 35	1, 28 15, 35
	3 Comprimento (objecto móvel)	10, 14 29, 40	28, 32 4	10, 28 29, 37	1, 15 17, 24	17, 15	1, 29 17	15, 29 35, 4, 7	1, 28 10	14, 15 1, 16	1, 19 26, 24	35, 1 26, 24	17, 24 26, 16	14, 4 28, 29
	4 Comprimento (objecto imóvel)	15, 29 28	32, 28 3	2, 32 10	1, 18	-	15, 17 27	2, 25	3	1, 35	1, 26	26	-	30, 14 7, 26
	5 Área (objecto móvel)	29, 9	26, 28 32, 3	2, 32	22, 33 28, 1	17, 2 18, 39	13, 1 26, 24	15, 17 13, 16	15, 13 10, 1	15, 30	14, 1 13	2, 36 26, 18	14, 30 28, 23	10, 26 34, 2
	6 Área (objecto imóvel)	32, 35 40, 4	26, 28 32, 3	2, 29 18, 36	27, 2 39, 35	22, 1 40	40, 16	16, 4	16	15, 16	1, 18 36	2, 35 30, 18	23	10, 15 17, 7
	7 Volume (objecto móvel)	14, 1 40, 11	26, 28	25, 28 2, 16	22, 21 27, 35	17, 2 40, 1	29, 1 40	15, 13 30, 12	10	15, 29	26, 1	29, 26 4	35, 34 16, 24	10, 6 2, 34
	8 Volume (objecto imóvel)	2, 35 16	-	35, 10 25	34, 39 19, 27	30, 18 35, 4	35	-	1	-	1, 31	2, 17 26	-	35, 37 10, 2
	9 Velocidade	11, 35 27, 28	28, 32 1, 24	10, 28 32, 35	1, 28 35, 23	2, 24 35, 21	35, 13 8, 1	32, 28 13, 12	34, 2 28, 27	15, 10 26	10, 28 4, 34	3, 34 27, 16	10, 18	-
	10 Força	3, 35 13, 21	35, 10 23, 24	28, 29 37, 36	1, 35 40, 18	13, 3 36, 24	15, 37 18, 1	1, 28 3, 25	15, 1 11	15, 17 18, 20	26, 35 10, 18	36, 37 10, 19	2, 35	3, 28 35, 37
	11 Tensão, pressão	10, 13 19, 35	6, 28 25	3, 35	22, 2 37	2, 33 27, 18	1, 35 16	11	2	35	19, 1 35	2, 36 37	35, 24	10, 14 35, 37
	12 Forma	10, 40 16	28, 32 1	32, 30 40	22, 1 2, 35	35, 1	1, 32 17, 28	32, 15 26	2, 13 1	1, 15 29	16, 29 1, 28	15, 13 39	15, 1 32	17, 26 34, 10
	13 Estabilidade do objecto	-	13	18	35, 24 30, 18	35, 40 27, 39	35, 19	32, 35 30	2, 35 10, 16	35, 30 34, 2	2, 35 22, 26	35, 22 39, 23	1, 8 35	23, 35 40, 3
	14 Resistência	11, 3	3, 27 16	3, 27	18, 35 37, 1	15, 35 22, 2	11, 3 10, 32	32, 40 28, 2	27, 11 3	15, 3 32	2, 13 25, 28	27, 3 15, 40	15	29, 35 10, 14
	15 Durabilidade (objecto móvel)	11, 2 13	3	3, 27 16, 40	22, 15 33, 28	21, 39 16, 22	27, 1 4	12, 27	29, 10 27	1, 35 13	10, 4 29, 15	19, 29 39, 35	6, 10	35, 17 14, 19
	16 Durabilidade (objecto imóvel)	34, 27 6, 40	10, 26 24	-	17, 1 40, 33	22	35, 10	1	1	2	-	25, 34 6, 35	1	20, 10 16, 38
	17 Temperatura	19, 35 3, 10	32, 19 24	24	22, 33 35, 2	22, 35 2, 24	26, 27	26, 27	4, 10 16	2, 18 27	2, 17 16	3, 27 35, 31	26, 2 19, 16	15, 28 35
	18 Claridade	-	11, 15 32	3, 32	15, 19	35, 19 32, 39	19, 35 28, 26	28, 26 19	15, 17 13, 16	15, 1 19	6, 32 13	32, 15	2, 26 10	2, 25 16
	19 Energia dispensada (objecto móvel)	19, 21 11, 27	3, 1 32	-	1, 35 6, 27	2, 35 6	28, 26 30	19, 35	1, 15 17, 28	15, 17 13, 16	2, 29 27, 28	35, 36	32, 2	12, 28 35
	20 Energia dispensada (objecto imóvel)	10, 36 23	-	-	10, 2 22, 37	19, 22 18	1, 4	-	-	-	-	19, 35 16, 25	-	1, 6

Tabela 0.4 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 1-13)
(Altshuller, 1999)

Características		Resultados indesejados												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Características a melhorar	21 Potência	8,36 38,31	19,26 17,27	1,10 35,37	-	19,38	17,32 13,38	35,6 38	30,6 25	15,35 2	26,2 36,35	22,10 35	29,14 2,40	35,32 15,31
	22 Perda de energia	15,6 19,28	19,6 18,9	7,2 6,13	6,38 7	15,26 17,30	17,7 30,18	7,18 23	7	16,35 38	36,38	-	-	14,2 39,6
	23 Perda de massa	35,6 23,40	35,6 22,32	14,29 10,39	10,28 24	35,2 10,31	10,18 39,31	1,29 30,36	3,39 18,31	10,13 28,38	14,15 18,40	3,36 37,10	29,35 3,5	2,14 30,40
	24 Perda de informação	10,24 35	10,35 5	1,26	26	30,26	30,16	-	2,22	26,32	-	-	-	-
	25 Perda de tempo	10,20 37,35	10,20 26,5	15,2 29	30,24 14,5	26,4 5,16	10,35 17,4	2,5 34,10	35,16 32,18	-	10,37 36,5	37,36 4	4,10 34,17	35,3 22,5
	26 Quantidade de matéria	35,6 18,31	27,26 18,35	29,14 35,18	-	15,14 29	2,18 40,4	15,20 29	-	35,29 34,28	35,14 3	10,36 14,3	35,14	15,2 17,40
	27 Fiabilidade	3,8 10,40	3,10 8,28	15,9 14,4	15,29 28,11	17,10 14,16	32,35 40,4	3,10 14,24	2,35 24	21,35 11,28	8,28 10,3	10,24 35,19	35,1 16,11	-
	28 Precisão de medição	32,35 26,28	28,35 25,26	28,26 5,16	32,28 3,16	26,28 32,3	26,28 32,3	32,13 6	-	28,13 32,24	32,2	6,28 32	6,28 32	32,35 13
	29 Precisão de fabrico	28,32 13,18	28,35 27,9	10,28 29,37	2,32 10	28,33 29,32	2,29 18,36	32,28 2	25,10 35	10,28 32	28,19 34,36	3,35	32,30 40	30,18
	30 Factores prejudiciais que actuam sobre o objecto	22,21 27,39	2,22 13,24	17,1 39,4	1,18	22,1 33,28	27,2 39,35	22,23 37,35	34,39 19,27	21,22 35,28	13,35 39,18	22,2 37	22,1 3,35	35,24 30,18
	31 Efeitos colaterais prejudiciais	19,22 15,39	35,22 1,39	17,15 16,22	-	17,2 18,39	22,1 40	17,2 40	30,18 35,4	35,28 3,23	35,28 1,40	2,33 27,18	35,1	35,40 27,39
	32 Manufaturabilidade	28,29 15,16	1,27 36,13	1,29 13,17	15,17 27	13,1 26,12	16,40	13,29 1,40	35	35,13 8,1	35,12	35,19 1,37	1,28 13,27	11,13 1
	33 Conveniência de uso	25,2 13,15	6,13 1,25	1,17 13,12	-	1,17 13,16	18,16 15,39	1,16 35,15	4,18 39,31	18,13 34	28,13 35	2,32 12	15,34 29,28	32,35 30
	34 Reparabilidade	2,27 35,11	2,27 35,11	1,28 10,25	3,18 31	15,13 32	16,25	25,2 35,11	1	34,9	1,11 10	13	1,13 2,4	2,35
	35 Adaptabilidade	1,6 15,8	19,15 29,16	35,1 29,2	1,35 16	35,30 29,7	15,16	15,35 29	-	35,10 14	15,17 20	35,16	15,37 1,8	35,30 14
	36 Complexidade do dispositivo	26,30 34,36	2,26 35,39	1,19 26,24	26	14,1 13,16	6,36	34,26 6	1,16	34,10 28	26,16	19,1 35	29,13 28,15	2,22 17,19
	37 Complexidade no controlo	27,26 28,13	6,13 28,1	16,17 26,24	26	2,13 18,17	2,39 30,16	29,1 4,16	2,18 26,31	3,4 16,35	36,28 40,19	35,36 37,32	27,13 1,39	11,22 39,30
	38 Nível de automação	28,26 18,35	28,26 35,10	14,13 17,28	23	17,14 13	-	35,13 16	-	28,10	2,35	13,35	15,32 11,13	18,1
	39 Produtividade	35,26 24,37	28,27 15,3	18,4 28,38	30,7 14,26	10,26 34,31	10,35 17,7	2,6 34,10	35,37 10,2	-	28,15 10,36	10,37 14	14,10 34,40	35,3 22,39

Tabela 0.5 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 14-26)
(Altshuller, 1999)

Características		Resultados indesejados													
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
Características a melhorar	21 Potência	26, 10 28	19, 35 10, 38	16	2, 14 17, 25	16, 6 19	16, 6 19, 37	-	21	10, 35 38	28, 27 18, 38	10, 19	35, 20 10, 6	4, 34 19	
	22 Perda de energia	26	-	-	19, 38 7	1, 13 32, 15	-	-	3, 38	35, 27 2, 37	19, 10	10, 18 32, 7	7, 18 25		
	23 Perda de massa	35, 28 31, 40	28, 27 3, 18	27, 16 18, 38	21, 36 39, 31	1, 6 13	35, 18 24, 5	28, 27 12, 31	28, 27 18, 38	35, 27 2, 31	-	15, 18 35, 10	6, 3 10, 24		
	24 Perda de informação	-	10	10	-	19	-	-	10, 19	19, 10	-	24, 26 28, 32	24, 28 35		
	25 Perda de tempo	29, 3 28, 18	20, 10 28, 18	28, 20 10, 16	35, 29 21, 18	1, 19 26, 17	35, 38 19, 18	1	35, 20 10, 6	10, 5 18, 32	35, 18 10, 39	24, 26 28, 32	35, 38 18, 16		
	26 Quantidade de matéria	14, 35 34, 10	3, 35 10, 40	3, 35 31	3, 17 39	-	34, 29 16, 18	3, 35 31	35	7, 18 25	6, 3 10, 24	24, 28 35	35, 38 18, 16		
	27 Fiabilidade	11, 28	2, 35 3, 25	34, 27 6, 40	3, 35 10	11, 32 13	21, 11 27, 19	36, 23	21, 11 26, 31	10, 11 35	10, 35 29, 39	10, 28	10, 30 4	21, 28 40, 3	
	28 Precisão de medição	28, 6 32	28, 6 32	10, 26 24	6, 19 28, 24	6, 1 32	3, 6 32	-	3, 6 32	26, 32 27	10, 16 31, 28	-	24, 34 28, 32	2, 6 32	
	29 Precisão de fabrico	3, 27	3, 27 40	-	19, 26	3, 32	32, 2	-	32, 2	13, 32 2	35, 31 10, 24	-	32, 26 28, 18	32, 30	
	30 Factores prejudiciais que actuam sobre o objecto	18, 35 37, 1	22, 15 33, 28	17, 1 40, 33	22, 33 35, 2	1, 19 32, 13	1, 24 6, 27	10, 2 22, 37	19, 22 31, 2	21, 22 35, 2	33, 22 19, 40	22, 10 2	35, 18 34	35, 33 29, 31	
	31 Efeitos colaterais prejudiciais	15, 35 22, 2	15, 22 33, 31	21, 39 16, 22	22, 35 2, 24	19, 24 39, 32	2, 35 6	19, 22 18	2, 35 18	21, 35 2, 22	10, 1 34	10, 21 29	1, 22	3, 24 39, 1	
	32 Manufaturabilidade	1, 3 10, 32	27, 1 4	35, 16	27, 26 18	28, 24 27, 1	28, 26 27, 1	1, 4	27, 1 12, 24	19, 35 33	15, 34 18, 16	32, 24 34, 4	35, 28 34, 4	35, 23 1, 24	
	33 Conveniência de uso	32, 40 3, 28	29, 3 8, 25	1, 16 25	26, 27 13	13, 17 1, 24	1, 13 24	-	35, 34 2, 10	2, 19 13	28, 32 2, 24	4, 10 27, 22	4, 28 10, 34	12, 35	
	34 Reparabilidade	11, 1 2, 9	11, 29 28, 27	1	4, 10	15, 1 13	15, 1 28, 16	-	15, 10 32, 2	15, 1 32, 19	2, 35 34, 27	-	32, 1 10, 25	2, 28 10, 25	
	35 Adaptabilidade	35, 3 32, 6	13, 1 35	2, 16	27, 2 3, 35	6, 22 26, 1	19, 35 29, 13	-	19, 1 29	18, 15 1	15, 10 2, 13	-	35, 28	3, 35 15	
	36 Complexidade do dispositivo	2, 13 28	10, 4 28, 15	-	2, 17 13	24, 17 13	27, 2 29, 28	-	20, 19 30, 34	10, 35 13, 2	35, 10 28, 29	-	6, 29	13, 3 27, 10	
	37 Complexidade no controlo	27, 3 15, 28	19, 29 39, 25	25, 34 6, 35	3, 27 35, 16	2, 24 26	35, 38	19, 35 16	19, 1 16, 10	35, 3 15, 19	1, 18 10, 24	35, 33 27, 22	18, 28 32, 9	3, 27 29, 18	
	38 Nível de automação	25, 13	6, 9	-	26, 2 19	8, 32 19	2, 32 13	-	28, 2 27	23, 28	35, 10 18, 5	35, 33	24, 28 35, 30	35, 13	
	39 Produtividade	29, 28 10, 18	35, 10 2, 18	20, 10 16, 38	35, 21 28, 10	26, 17 19, 1	35, 10 38, 19	1	35, 20 10	28, 10 29, 35	28, 10 35, 23	13, 15 23	-	35, 38	

Tabela 0.6 - Tabela de Contradições (Características a Melhorar 21-39 vs. Resultados Indesejados 27-39)
(Altshuller, 1999)

Características		Resultados indesejados												
		27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Características a melhorar	21 Potência	19,24 26,31	32,15 2	32,2	19,22 31,2	2,35 18	26,10 34	26,35 10	35,2 10,34	19,17 34	20,19 30,34	19,35 16	28,2 17	28,35 34
	22 Perda de energia	11,10 35	32	-	21,22 35,2	21,35 2,22	-	35,32 1	2,19	-	7,33	35,3 15,23	2	28,10 29,35
	23 Perda de massa	10,29 39,35	16,34 31,18	35,10 24,31	33,22 30,40	10,1 34,29	15,34 33	32,28 2,24	2,35 34,27	15,10 2	35,10 28,24	35,18 10,13	35,10 18	28,35 10,23
	24 Perda de informação	10,28 23	-	-	22,10 1	10,21 22	32	27,22	-	-	-	35,33	35	13,23 15
	25 Perda de tempo	10,30 4	24,34 28,32	24,26 28,18	35,18 34	35,22 18,39	35,28 34,4	4,28 10,34	32,1 10	35,28	6,29	18,28 32,10	24,28 35,30	-
	26 Quantidade de matéria	18,3 28,40	13,2 28	33,30	35,33 29,31	3,35 40,39	29,1 35,27	35,29 25,10	2,32 10,25	15,3 29	3,13 27,10	3,27 29,18	8,35	13,29 3,27
	27 Fiabilidade		32,3 11,23	11,32 1	27,35 2,40	35,2 40,26	-	27,17 40	1,11	13,35 8,24	13,35 1	27,40 28	11,13 27	1,35 29,38
	28 Precisão de medição	5,11 1,23		-	28,24 22,26	3,33 39,10	6,35 25,18	1,13 17,34	1,32 13,11	13,35 2	27,35 10,34	26,24 32,28	28,2 10,34	10,34 28,32
	29 Precisão de fabrico	11,32 1	-		26,28 10,36	4,17 34,26	-	1,32 35,23	25,10	-	26,2 18	-	26,28 18,23	10,18 32,39
	30 Factores prejudiciais que actuam sobre o objecto	27,24 2,40	28,33 23,26	26,28 10,18		-	24,35 2	2,25 28,39	35,10 2	35,11 22,31	22,19 29,40	22,19 29,40	33,3 34	22,35 13,24
	31 Efeitos colaterais prejudiciais	24,2 40,39	3,33 26	4,17 34,26	-		-	-	-	-	19,1 31	2,21 27,1	2	22,35 18,39
	32 Manufaturabilidade	-	1,35 12,18	-	24,2	-		2,5 13,16	35,1,25 11,9	2,13 15	27,26 1	6,28 11,1	8,28 1	35,1 10,28
	33 Conveniência de uso	17,27 8,40	25,13 2,34	1,32 35,23	2,25 28,39	-	2,5 12		12,26 1,32	15,34 1,16	32,26 12,17	-	1,34 12,3	15,1 28
	34 Reparabilidade	11,10 1,16	10,2 13	25,10	35,10 2,16	-	1,35 11,10	1,12 26,15		7,1 4,16	35,1,25 13,11	-	34,35 7,13	1,32 10
	35 Adaptabilidade	35,13 8,24	35,5 1,10	-	35,11 32,31	-	1,13 31	15,34 1,16,7	1,16 7,4		15,29 37,28	1	27,34 35	35,28 6,37
	36 Complexidade do dispositivo	13,35 1	2,26 10,34	26,24 32	22,19 29,40	19,1	27,26 1,13	27,9 26,24	1,13	29,15 28,37		15,10 37,28	15,1 24	12,17 28
	37 Complexidade no controlo	27,40 28,8	26,24 32,28	-	22,19 29,28	2,21	5,28 11,29	2,5	12,26	1,15	15,10 37,28		34,21	35,18
	38 Nível de automação	11,27 32	28,26 10,34	28,26 18,23	2,33	2	1,26 13	1,12 34,3	1,35 13	27,4 1,35	15,24 10	34,27 25		5,12 35,26
	39 Produtividade	1,35 10,38	1,10 34,28	18,10 32,1	22,35 13,24	35,22 18,39	35,28 2,24	1,28 7,19	1,32 10,25	1,35 28,37	12,17 28,24	35,18 27,2	5,12 35,26	

Anexos 2 - Princípios Inventivos da Matriz de Contradições

Princípio 1 – Segmentação:

- A. Dividir o objeto em partes independentes
- B. Secionar o objeto (para facilitar a montagem e desmontagem)
- C. Aumentar o grau de segmentação do objeto

Princípio 2 - **Extração** (Extração, Recuperação, Remoção):

- A. Extrair do objeto a parte ou a propriedade que “perturba”
- B. Extrair do objeto apenas a parte ou a propriedade necessária

Princípio 3 - **Qualidade Local**:

- A. Providenciar a transição de uma estrutura homogênea de um objeto ou ambiente externo (ação) para uma estrutura heterogênea
- B. Fazer com que os diferentes componentes do objeto executem funções diferentes
- C. Colocar cada parte do objeto em condições mais favoráveis para o seu funcionamento

Princípio 4 – **Assimetria**:

- A. Substituir uma forma simétrica por uma forma assimétrica
- B. Se um objeto já for assimétrico, aumentar o seu grau de assimetria

Princípio 5 – **Combinação**:

- A. Combinar no espaço os objetos homogêneos ou objetos destinados a operações contíguas
- B. Combinar no tempo as operações homogêneas ou contíguas

Princípio 6 – **Universalidade**:

- A. Se um objeto servir para realizar várias funções, assim, poder-se-á eliminar os outros elementos

Princípio 7 – Nidificação:

- A. Colocar o objeto dentro de outro, que, por sua vez, é colocado no interior de um terceiro objeto, etc.
- B. Passar o objeto através de uma cavidade num outro objeto

Princípio 8 – Contrapeso:

- A. Compensar o peso de um objeto juntando-o com um outro objeto que gera uma força de elevação
- B. Compensar o peso de um objeto com forças aerodinâmicas ou hidrodinâmicas geradas pelo meio ambiente

Princípio 9 – Contra-Ação Prévia:

- A. Realizar uma contra-ação por antecipação
- B. Submeter o objeto ao pré-carregamento com contra tensão para compensar tensões excessivas ou indesejáveis

Princípio 10 – Ação Prévia:

- A. Realizar as alterações necessárias num objeto com antecedência total ou parcial
- B. Colocar os objetos com antecedência de modo que eles possam entrar em ação no momento oportuno e numa posição conveniente

Princípio 11 – Amortecimento Prévio:

- A. Compensar a confiabilidade relativamente baixa de um objeto com contramedidas tomadas com antecedência

Princípio 12 – Equipotencialidade:

- A. Alterar as condições de trabalho, de modo que um objeto não precise de ser levantado ou abaixado

Princípio 13 – Inversão:

- A. Em vez de uma acção ditada pelas especificações do problema, aplicar uma acção oposta (por exemplo, arrefecimento em vez de aquecimento)
- B. Transformar elemento móvel do objeto ou do meio ambiente em imóvel e o elemento imóvel em móvel

Princípio 14 – Esfericidade:

- A. Substituir os elementos lineares por curvilíneos, as superfícies planas por superfícies esféricas e as formas cúbicas por formas esferoidais
- B. Usar rolos, esferas, espirais
- C. Substituir movimento linear por movimento rotativo; utilizar forças centrífugas

Princípio 15 – Dinamismo:

- A. Ajustar as características do objeto ou do meio ambiente ao melhor desempenho em cada fase do funcionamento
- B. Se um objeto for imóvel, torná-lo móvel. Tornar o objeto intermutável
- C. Dividir o objeto em partes que possam mudar de posição relativamente a cada uma das outras partes

Princípio 16 - Ação Parcial ou Excessiva:

- A. Se for difícil obter o efeito desejado a 100%, alcançar mais ou menos o efeito desejado

Princípio 17 – Transição para uma Nova Dimensão:

- A. Providenciar a transição do movimento ou localização unidimensionais em bidimensionais; dos bidimensionais em tridimensionais, etc.
- B. Utilizar composição de objetos em vários níveis
- C. Incliná-lo ou colocá-lo de lado
- D. Utilizar o lado oposto de uma dada superfície
- E. Projetar linhas óticas nas áreas adjacentes ou no lado oposto do objeto

Princípio 18 - Vibrações Mecânicas:

- A. Utilizar oscilação
- B. Se oscilação já existir, aumentar a sua frequência até à ultrassónica

- C. Usar a frequência de ressonância
- D. Substituir as vibrações mecânicas por piezo-vibrações
- E. Usar vibrações ultrassônicas em conjunto com um campo electromagnético

Princípio 19 – Ação Periódica:

- A. Substituir uma ação contínua por uma periódica (impulso)
- B. Se uma ação já é periódica, mudar a sua frequência
- C. Aproveitar os intervalos entre os impulsos para realizar ações adicionais

Princípio 20 - Continuidade de uma Ação Útil:

- A. Realizar ações sem interrupções. Todos os elementos do objeto devem operar em plena capacidade
- B. Remover movimentos em repouso e intermédios
- C. Substituir movimentos vai-e-vem por rotativos

Princípio 21 – Corrida Apressada:

- A. Realizar operações prejudiciais ou perigosas a uma velocidade muito alta

Princípio 22 – Conversão de Prejuízo em Proveito:

- A. Utilizar fatores nocivos (especialmente os ambientais) para obter um efeito positivo
- B. Remover um fator prejudicial combinando-o com um outro fator prejudicial
- C. Aumentar a intensidade de ação nociva até que esta deixe de ser prejudicial

Princípio 23 – Reação:

- A. Introduzir reação
- B. Se a reação já existir, mudá-la

Princípio 24 – Mediação:

- A. Usar um objeto intermediário para transferir ou executar uma ação
- B. Ligar temporariamente o objeto original a um outro que seja fácil de remover

Princípio 25 – Autosserviço:

- A. Providenciar que o objeto, além de servir a si próprio, realize também operações suplementares e de reparação
- B. Fazer uso dos materiais e da energia desperdiçados

Princípio 26 – Cópia:

- A. Usar uma cópia simples e barata, em vez do objeto original, se este for complexo, caro, frágil ou inconveniente em funcionamento
- B. Se uma cópia ótica visível já for utilizada, substituí-la por uma cópia infravermelha ou ultravioleta
- C. Substituir o objeto (ou sistema de objetos) pela sua imagem ótica. A imagem pode ser reduzida ou aumentada.

Princípio 27 - Objeto Económico com Vida Curta em Vez de Outro Dispendioso e Durável:

- A. Substituir um objeto caro por um outro mais barato, mesmo comprometendo outras propriedades (por exemplo, durabilidade)

Princípio 28 - Substituição do Sistema Mecânico:

- A. Substituir um sistema mecânico por um sistema ótico, acústico, térmico ou olfativo
- B. Usar um campo elétrico, magnético ou eletromagnético para a interação com o objeto
- C. Substituir campos:
 - Campos estacionários por campos móveis
 - Campos fixos por campos que mudam com o tempo
 - Campos aleatórios por campos estruturados
- D. Utilizar campos em conjunto com partículas ferromagnéticas

Princípio 29 - Utilização de Sistemas Pneumáticos ou Hidráulicos:

- A. Substituir as peças sólidas de um objeto por gás ou líquido. Estas peças podem usar ar ou água para insuflar, ou usar amortecedores pneumáticos ou hidrostáticos

Princípio 30 - Membranas Flexíveis ou Películas Finas:

- A. Substituir construções tradicionais por membranas flexíveis ou películas finas

- B. Isolar o objeto do meio ambiente utilizando membranas flexíveis ou películas finas

Princípio 31 - Utilização de Materiais Porosos:

- A. Tornar o objeto poroso ou adicionar elementos porosos (inserção, revestimentos, etc.)
- B. Se o objeto já for poroso, preencher os poros com alguma substância

Princípio 32 - Mudança de Cor:

- A. Alterar a cor do objeto ou do seu ambiente
- B. Alterar o grau de translucidez do objeto ou do seu ambiente
- C. Usar aditivos coloridos para observar objetos ou processos que são difíceis de ver
- D. Se tais aditivos já forem utilizados, aplicar traços luminescentes ou atômicos

Princípio 33 – Homogeneidade:

- A. Fazer objetos que interagem com o objeto principal do mesmo material (ou de material com características semelhantes) do material do objeto principal

Princípio 34 - Rejeição e Recuperação de Componentes:

- A. Depois de ter concluído a sua função ou de se tornar inútil, rejeitar (descartar, dissolver, evaporar, etc.) o elemento do objeto ou modificá-lo durante o processo de trabalho deste
- B. Reparar os elementos do objeto durante o seu trabalho

Princípio 35 - Transformação do Estado Físico ou Químico:

- A. Alterar o estado físico do sistema
- B. Alterar a concentração ou densidade
- C. Alterar o grau de flexibilidade
- D. Alterar a temperatura ou volume

Princípio 36 – Mudança de Fase:

- A. Usar o fenômeno de mudança de fase (por exemplo, a alteração do volume, a libertação ou a absorção de calor, etc.)

Princípio 37 - Expansão Térmica:

- A. Usar a expansão ou contração de material alterando a temperatura
- B. Usar vários materiais com diferentes coeficientes de expansão térmica

Princípio 38 – Utilização de Oxidantes Fortes:

- A. Obter transição de um nível de oxidação para um nível mais alto
 - Do ar ambiente para ar oxigenado
 - Do ar oxigenado para oxigênio
 - Do oxigênio para oxigênio ionizado
 - Do oxigênio ionizado para oxigênio ozonado
 - Do oxigênio ozonado para ozono
 - Do ozono para oxigênio singlete

Princípio 39 - Ambiente Inerte:

- A. Substituir o ambiente normal por um inerte
- B. Introduzir uma substância neutra ou aditivos ao objeto
- C. Realizar o processo em vácuo

Princípio 40 - Materiais Compósitos:

- A. Substituir materiais homogêneos por compósitos

Anexo 3 – Classes da Análise

Substância Campo

Na Análise Substância-Campo existem 76 soluções *standard*, estas podem ser categorizadas em 5 classes (Altshuller, 1999):

Classe 1 – Construção ou destruição de Substância-Campo

Tabela 0.1 - Classe 1 das Soluções-Padrão

Classe 1. Construir e destruir modelos Substância-Campo	
1.1 Construção de modelos Substância-Campo	
1.1.1 Construção de um modelo Substância-Campo	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições para a introdução de substâncias ou campos, o problema pode ser resolvido através do preenchimento do modelo Substância-Campo para introduzir os elementos em falta.
1.1.2 Modelo interno Substância-Campo complexo	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema não inclui quaisquer restrições à introdução de substâncias e de campos, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo interno complexo Substância-Campo, ou seja, introduzindo aditivos em S1 ou S2 para aumentar a controlabilidade, ou conferir as propriedades pretendidas para o modelo de Substância-Campo.
1.1.3 Modelo complexo externo Substância-Campo	Se um determinado objeto não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos em substâncias existentes S1 e S2, o problema pode ser resolvido pela transição permanente ou temporária para o modelo externo Substância-Campo complexo, anexando S1 ou S2 à substância um externo S3, com a finalidade de aumentar a controlabilidade ou transmitir propriedades requeridas para o modelo de Substância-Campo.
1.1.4 Modelo substância-campo externo com o meio ambiente	Se um determinado modelo Substância-Campo não é recetivo (ou pouco recetivo) para as mudanças necessárias, e a descrição do problema inclui restrições à introdução de aditivos, tanto nele como anexando substâncias a ele, o problema pode ser resolvido com a construção de um modelo Substância-Campo, utilizando o ambiente como um aditivo.
1.1.5 Modelo substância- campo com o ambiente e aditivos	Se o ambiente não contém as substâncias necessárias para criar um modelo de Substância-Campo de acordo com a solução padrão 1.1.4, estas substâncias podem-se obter mediante a substituição do meio ambiente, a sua decomposição, ou a introdução de aditivos nele.

1.1.6 Modo mínimo	Se o modo mínimo (isto é, medido, ótimo) de ação é necessário e é difícil ou impossível de fornecê-lo, aplica-se o modo máximo, e em seguida, é recomendado eliminar o excedente. O campo excedente pode ser eliminado por uma substância e a substância excedente pode ser eliminada por um campo.
1.1.7 Modo máximo	Se o modo máximo de uma ação de uma substância é necessário e é proibido por várias razões, a ação máxima deve ser mantida, mas dirigida sobre uma outra substância ligada ao primeiro.
1.1.8 Modo seletivo máximo	<p>Se um modo seletivo máximo é necessário (isto é, o modo máxima em zonas selecionadas e modo mínimo em outras zonas), o campo deve ser:</p> <p>-máximo: neste caso, uma substância protetora deve ser introduzido em todos os lugares onde a influência mínima é necessária.</p> <p>-mínimo: neste caso, uma substância capaz de gerar um campo local deveria ser introduzida em todos os lugares onde a influência máxima é necessária.</p>
1.2 Destruir modelos Substância-Campo	
1.2.1 Eliminando a interação prejudicial ao introduzir S3	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, não é necessário que estas substâncias sejam estreitamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma terceira substância entre estas duas substâncias, que não tem custo (ou aproximadamente).
1.2.2 Eliminando a interação prejudicial através da introdução de S1modificado e/ou S2	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo, estas substâncias não têm de ser imediatamente adjacentes uma à outra, no entanto, a descrição do problema inclui restrições sobre a introdução de substâncias estranhas, o problema pode ser resolvido introduzindo, entre estas duas substâncias, uma terceira substância, que é uma modificação das substâncias existentes.
1.2.3 "Retirar" uma ação prejudicial	Se for necessário para eliminar a ação prejudicial de um campo de uma substância, o problema pode ser resolvido mediante a introdução de uma segunda substância que "retira" a ação prejudicial.
1.2.4 Neutralizar uma ação prejudicial com F2	Se existirem ações tanto úteis como prejudiciais entre duas substâncias no modelo de Substância-Campo e estas substâncias, ao contrário das soluções padrão 1.2.1 e 1.2.2, devem ser imediatamente adjacentes uma à outra, o problema pode ser resolvido através da criação de um modelo duplo de Substância-Campo, em que a ação útil é executada pelo campo F1 e o segundo campo F2, neutraliza a ação prejudicial ou transforma a ação prejudicial numa ação útil.

Classe 2 – Desenvolvimento de uma Substância-Campo

Tabela 0.2 - Classe 2 das Soluções-Padrão

Classe 2. Melhorando os modelos Substância-Campo	
2.1 Transição para modelos Substância-Campo complexos	
2.1.1 Modelo de cadeia de Substância-Campo	<p>Se é necessário para melhorar um modelo de Substância-Campo, o problema pode ser resolvido mediante a transformação de um elemento do modelo em uma forma independente-controlada do modelo Substância-Campo completo e criar um modelo de cadeia.</p> <p>S3 ou S4, por sua vez podem ser transformados em um modelo de Substância-Campo completo.</p>
2.1.2 Modelo Substância-Campo duplo	<p>Se é necessário para melhorar um modelo Substância-Campo de difícil controlo e a substituição de elementos é proibida, o problema pode ser resolvido através da construção de um modelo duplo através da aplicação de um segundo campo facilmente controlado.</p>
2.2 Impondo modelos Substância-Campo	
2.2.1 Aplicação de campos mais controláveis	<p>Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de um campo incontrolável ou de difícil controlo por um que é facilmente controlado.</p>
2.2.2 Fragmentação de S2	<p>Um modelo de Substância-Campo pode ser melhorado através do aumento do grau de fragmentação da substância utilizada como uma ferramenta.</p>
2.2.3 Aplicação de substâncias capilares e porosas	<p>Um caso especial de fragmentação da substância é a transição de uma substância sólida para uma capilar ou porosa. Esta transição prossegue de acordo com a seguinte linha:</p> <ul style="list-style-type: none">- Substância sólida;- Substância sólida com uma cavidade;- Substância sólida com várias cavidades;- Substância capilar ou porosa;- Substância capilar ou porosa com poros de estrutura e dimensões especiais; <p>À medida que a substância desenvolve de acordo com esta linha, a possibilidade de colocar um líquido nas cavidades ou poros cresce, bem como a aplicação de alguns dos fenómenos naturais.</p>
2.2.4 Dinamização	<p>Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado para aumentar o seu nível de dinamismo, isto é, fazendo a estrutura do sistema mais flexível e fácil de mudar.</p>

<p>2.2.5 Campos estruturantes</p>	<p>Um modelo Substância-Campo pode ser reforçado através da substituição de áreas homogêneas ou campos não estruturados tanto por campos heterogêneos como por campos de estrutura espacial permanente ou variável.</p> <p>Em particular, se é necessário para conferir uma estrutura especial espacial a uma substância, que é (ou pode ser) incorporada no modelo Substância-Campo, o processo de estruturação deve ser realizada em um campo tendo uma estrutura que corresponde à estrutura necessária da substância.</p>
<p>2.2.6 Substâncias estruturantes</p>	<p>Um modelo Substância-Campo pode ser melhorado, substituindo substâncias homogêneas ou não estruturadas tanto por substâncias heterogêneas como por substâncias com estrutura espacial permanente ou variável.</p> <p>Em particular, se for necessário para obter aquecimento intensivo em locais definidos, pontos ou linhas do sistema, recomenda-se que uma substância exotérmica seja introduzida antes do tempo.</p>
<p>2.3 Aplicação por ritmos correspondentes</p>	
<p>2.3.1 Correspondendo os ritmos do F e S1 ou S2</p>	<p>A ação de um campo em um modelo Substância-Campo deve ser correspondida (ou intencionalmente mal correspondido) entre a frequência e a frequência natural do produto ou ferramenta.</p>
<p>2.3.2 Correspondendo os ritmos de F1 e F2</p>	<p>As frequências de campos aplicados em modelos Substância-Campo complexos devem ser compatíveis ou intencionalmente incompatíveis.</p>
<p>2.3.3 Correspondendo ações incompatíveis ou previamente independentes</p>	<p>Se duas ações são incompatíveis, uma delas deve ser realizada durante as pausas da outra. Em geral, as pausas numa ação devem ser preenchidas por outra ação útil.</p>
<p>2.4 Modelos de campo ferromagnético (modelos Substância-Campo complexos forçados)</p>	
<p>2.4.1 Modelos pré-ferro-campo</p>	<p>Um modelo de Substância-Campo pode ser reforçado pela utilização de substâncias ferromagnéticas, juntamente com um campo magnético.</p>

2.4.2 Modelos ferro-campo	Para melhorar a controlabilidade do sistema, é sugerido que um modelo Substância-Campo ou pré-ferro-campo seja substituído por um modelo de ferro-campo. Para fazer isto, as partículas ferromagnéticas devem ser substituídas por (ou adicionados a) uma substância, e um campo magnético ou eletromagnético aplicado. Fichas, grânulos, grãos, etc., podem também ser consideradas como partículas ferromagnéticas. A eficiência de controlo aumenta com a maior fragmentação das partículas ferromagnéticas. Assim, modelos ferro-campo evoluem de acordo com a seguinte linha: granulado – pó - partículas ferromagnéticas finamente moídas. A eficiência de controlo também aumenta ao longo da linha em relação a essa na qual a substância da partícula de ferro está incluída: substância sólida - grânulos - pó - líquido.
2.4.3 Líquidos magnéticos	Modelos ferro-campo podem ser melhorados através da utilização de líquidos magnéticos. Um líquido magnético é uma solução coloidal de partículas ferromagnéticas em um líquido, tal como o querosene, o silicone, a água, etc. A solução padrão 2.4.3 pode ser considerada o último caso da evolução de acordo com a solução padrão 2.4.2.
2.4.4 Aplicando estruturas capilares em modelos ferro-campo	Modelos ferro-campo podem ser melhorados utilizando as estruturas capilares ou porosas inerentes em muitos destes modelos.
2.4.5 Modelos de ferro-campo complexos	Se a controlabilidade do sistema pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, e é proibida a substituição de uma substância por partículas ferromagnéticas, a transferência pode ser realizada através da criação de um modelo interno ou externo de um ferro-campo complexo através da introdução de aditivos numa das substâncias.
2.4.6 Modelos ferro-campo com o meio ambiente	Se a controlabilidade do sistema pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, e é proibido substituir uma substância com partículas ferromagnéticas ou introduzir aditivos, as partículas ferromagnéticas podem ser introduzidas no meio ambiente. O controlo do sistema é realizado através da modificação dos parâmetros do meio ambiente com um campo magnético aplicado (ver solução padrão 2.4.3).
2.4.7 Aplicação de efeitos físicos e fenómenos	A controlabilidade de modelos ferro-campo pode ser melhorada através da utilização de certos efeitos físicos / fenómenos.
2.4.8 Dinamização	Um modelo de ferro-campo pode ser reforçado, "dinamizado" - através da alteração da estrutura do sistema para uma mais flexível e modificável.
2.4.9 Estruturação	Um modelo de ferro-campo pode ser reforçado por transição de um campo homogéneo ou não-estruturado, por um heterogéneo ou estruturado.
2.4.10 Ritmos correspondentes nos modelos ferro-campo	Um modelo pré-ferro-campo ou ferro-campo pode ser melhorado combinando os ritmos dos elementos do sistema.

<p>2.4.11 Modelos eletro-campo</p>	<p>Se é difícil introduzir partículas ferromagnéticas ou magnetizar um objeto, utilizar a interação entre um campo eletromagnético externo e corrente elétrica, ou entre duas correntes. A corrente pode ser criada por contato elétrico com a fonte ou por indução eletromagnética.</p> <p>Notas:</p> <p>1. Um modelo de ferro-campo é um modelo de um sistema com partículas ferromagnéticas. Um modelo de electro campo é aquele onde as correntes elétricas estão a agir e / ou a interagir.</p> <p>2. A evolução de modelos electro campo, bem como os modelos de ferro-campo, seguem a linha geral:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Modelo electro campo simples; - Modelo electro campo complexo; - Modelo electro campo com o meio ambiente; - Dinamização do modelo electro campo; - Modelo electro campo estruturado; - Modelo electro campo com ritmos correspondentes. <p>Após a informação relacionada com os modelos electro campo ser acumulada, uma análise mostra se é razoável separar um grupo especial de soluções padrão que descrevem a utilização de modelos electro campo.</p>
<p>2.4.12 Líquidos reológicos</p>	<p>Um tipo especial de modelos eletro-campo é um líquido eletro reológico com a viscosidade controlada por um campo elétrico. Se o líquido magnético não é utilizável, um líquido eletro reológico pode ser usado.</p>

Classe 3 – Transição de um sistema base para um supersistema ou para um subsistema

Tabela 0.3 - Classe 3 das Soluções-Padrão

Classe 3. Transição para supersistema e níveis micro	
3.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas	
3.1.1 Sistema de transição 1- a: a criação de bi- sistemas e poli-sistemas	O desempenho do sistema, em qualquer fase da evolução pode ser reforçado por transição do sistema 1-a: combinando o sistema com um outro sistema(s), construindo assim um bi-sistema ou um poli-sistema complexo.
3.1.2 Elos reforçados em bi-sistemas e poli-sistemas	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do desenvolvimento dos elos das relações entre os seus elementos.
3.1.3 Sistema de transição 1- b: aumentar as diferenças entre elementos	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através do aumento das diferenças entre os seus elementos de transição (sistema 1-b): a partir de elementos idênticos, para elementos com características alteradas, para um conjunto de elementos diferentes, para uma combinação de características invertidas - ou "elemento e anti elemento".
3.1.4 Simplificação dos bi-sistemas e poli-sistemas	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da simplificação do sistema, em primeiro lugar, sacrificando peças auxiliares. Completamente simplificado bi-sistemas e poli-sistemas tornam-se mono- sistemas de novo, e todo o ciclo pode ser repetido com um novo nível.
3.1.5 Sistema de transição 1- c: características opostas do todo e das suas partes	Bi-sistemas e poli-sistemas podem ser melhorados através da separação das características incompatíveis entre o sistema como um todo e suas partes (transição de sistema 1- c). Como resultado, o sistema é utilizado em dois níveis, com todo o sistema a ter a característica F, e as suas partes ou partículas tendo a característica oposta, anti-F.

Tabela 0.4 - Classe 4 das Soluções-Padrão

Classe 4. Soluções-Padrão para a deteção e medição	
4.1 Métodos indiretos	
4.1.1 Substituir a deteção ou a medição com a alteração do sistema	Se tiver um problema com a deteção ou a medição, é adequado modificar o sistema de uma maneira que torna a necessidade de resolver o problema obsoleto.
4.1.2 Aplicação de cópias	Se tem um problema com a deteção ou medição, e é impossível aplicar a solução padrão 4.1.1, é adequado manipular uma cópia ou uma foto de um objeto em vez do próprio objeto.
4.1.3 Medição como duas deteções consecutivos	Se tiver um problema com a deteção ou medição e é impossível aplicar as Soluções-Padrão 4.1.1 e 4.1.2, é adequado transformar o problema em um, onde duas deteções consecutivas de variação são efetuadas.
4.2 Construção de medição de modelos Substância-Campo	
4.2.1 Medição do modelo Substância-Campo	Se um modelo Substância-Campo incompleto é difícil de medir ou detetar, o problema pode ser resolvido por preenchimento de um regular ou duplo modelo Substância-Campo com um campo numa saída.
4.2.2 Medição do modelo complexo Substância-Campo	Se um sistema ou a sua parte é difícil de detetar ou medir, o problema pode ser resolvido por transição para o interior ou exterior do modelo complexo de Substância-Campo com a introdução de aditivos de fácil deteção.
4.2.3 Medição do modelo Substância-Campo com o meio ambiente	Se um sistema é difícil de detetar ou medir em certos momentos no tempo, e é impossível introduzir aditivos, devem ser introduzidos nos ambientes aditivos capazes de gerar uma fácil deteção (ou fácil medição) do campo; alterações no estado do ambiente irão fornecer informações sobre as alterações no sistema.
4.2.4 Obtenção de aditivos no ambiente	Se não for possível a introdução de aditivos no meio ambiente em conformidade com a solução padrão 4.2.3, estes aditivos podem ser produzidos no próprio ambiente, por exemplo, através da sua destruição ou alterando o seu estado de fase. No gás, em particular ou bolhas de vapor obtidas por eletrólise, ou por cavitação, ou outros métodos são frequentemente aplicados.
4.3 Reforçando a medição dos modelos Substância-Campo	

4.3.1 Aplicando efeitos físicos e fenómenos	A eficácia de medição e/ou deteção de um modelo Substância- Campo pode ser reforçada pela utilização de fenómenos físicos.
4.3.2 Aplicando oscilações de ressonância de uma amostra	Se é impossível detetar diretamente ou medir as mudanças num sistema e passar um campo através do sistema também é impossível, o problema pode ser resolvido através da geração de oscilações de ressonância de qualquer sistema como um todo ou uma parte dele; variações na frequência de oscilação fornecem informações sobre alterações do sistema.
4.3.3 Aplicando oscilações de ressonância de um objeto combinado	Se a aplicação de solução padrão 4.3.2 é impossível, a informação sobre o estado do sistema pode ser obtida através de oscilações livres de um objeto exterior ou do ambiente, ligadas ao sistema.
4.4 Transição para ferro-campo modelos	
4.4.1 Medição do modelo pré-ferro-campo	Modelos Substância-Campo com campos não magnéticos são capazes de se transformar em modelos pré-ferro-campo que contenham substâncias magnéticas e um campo magnético.
4.4.2 Medição modelo de ferro-campo	A eficácia de uma medição e/ou deteção de um modelo substância- campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através de uma transição para um modelo de ferro-campo, substituindo uma das substâncias com partículas ferromagnéticas ou pela adição de partículas ferromagnéticas.
4.4.3 Medição complexa do modelo de ferro-campo	Se a eficácia de medição e/ou de deteção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a substituição de substâncias com partículas ferromagnéticas é proibida, esta transição pode ser realizada através da criação de um modelo complexo de ferro- campo através da introdução de aditivos na substância.
4.4.4 Medição modelo ferro-campo com o meio ambiente	Se a eficácia de medição e / ou de deteção pode ser reforçada através da transição para um modelo de ferro-campo, mas a introdução de partículas ferromagnéticas é proibida, as partículas devem ser introduzidos no ambiente.
4.4.5 Aplicação de efeitos físicos e fenómenos	A eficácia de uma medição e / ou deteção do modelo Substância-Campo ou pré-ferro-campo pode ser melhorada através da aplicação de fenómenos físicos.
4.5 Direção da evolução de sistemas de medição	
4.5.1 Transição para bi-sistemas e poli-sistemas	A eficácia de uma medição e / ou deteção do modelo substância- campo ou pré-ferro-campo em qualquer fase da evolução pode ser melhorada através da construção de um bi-sistema ou de um poli- sistema.
4.5.2 Direção da evolução	Sistemas de medição e / ou deteção evoluem na seguinte direção: -Medição de uma função -Medição da primeira derivada da função -Medição da segunda derivada da função

Tabela 0.5 - Classe 5 das Soluções-Padrão

Classe 5. Normas para a aplicação das Soluções-Padrão	
5.1 Introduzindo substâncias	
5.1.1 Métodos indiretos	<p>Se as condições de trabalho não permitem a introdução de substâncias num sistema, as seguintes maneiras indiretas devem ser utilizadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aplicação do "vazio" (espaço aberto) em vez da substância - Introdução de um campo em vez da substância - Aplicação de um aditivo externo, em vez de um interno - Introduzindo uma pequena quantidade de um aditivo muito ativo - Introdução de uma pequena quantidade do aditivo na forma concentrada em locais específicos - Introduzindo o aditivo temporariamente - Aplicando um modelo ou cópia de um objeto, em vez do próprio objeto, permitindo a introdução de aditivos - Obtenção de aditivos necessários através da decomposição dos produtos químicos introduzidos
5.1.2 Dividir uma substância	<p>Se um sistema não responde a alterações, e modificar a ferramenta ou introduzir aditivos é proibido, partes que interagem da peça de trabalho podem ser utilizadas em vez da ferramenta.</p>
5.1.3 Auto eliminação de substâncias	<p>Após a realização do seu trabalho, uma substância introduzida deve desaparecer ou tornar-se idêntica a substâncias já existentes no sistema ou no meio ambiente.</p>
5.1.4 Introduzindo substâncias em grandes quantidades	<p>Se as condições não permitem a introdução de grandes quantidades de uma substância, o "vazio" como estrutura inflável ou de espuma pode ser utilizada em vez da substância.</p>
5.2 Introdução de campos	
5.2.1 Uso múltiplo de campos disponíveis	<p>Se for necessário introduzir um campo em um modelo substância- campo, deve-se em primeiro lugar, aplicar campos existentes cujos portadores são as substâncias envolvidas.</p>
5.2.2 Introdução de campos a partir do ambiente	<p>Se é necessário introduzir um campo, mas é impossível fazê-lo, de acordo com solução padrão 5.2.1, tente aplicar campos existentes no meio ambiente.</p>
5.2.3 Utilizar substâncias capazes de originar campos	<p>Se um campo não pode ser introduzido em conformidade com as Soluções-Padrão 5.2.1 e 5.2.2, deve-se aplicar campos que podem ser gerados por substâncias existentes no sistema ou no ambiente.</p>

5.3 Transições de fase	
5.3.1 Transição de fase 1: mudança de fase	A eficácia da aplicação de uma substância (sem a introdução de outras substâncias) pode ser melhorada através da transição de fase 1, isto é, por transformação de fase de uma substância existente.
5.3.2 Transição de fase 2: estado de fase dinâmico	As características duais de uma substância podem ser realizadas através da transição de fase 2, isto é, através da utilização de substâncias capazes de alterar o seu estado de fase, dependendo das condições de trabalho.
5.3.3 Transição de fase 3: utilizando fenómenos associados	Um sistema pode ser melhorado usando a transição de fase 3, isto é, mediante a aplicação de fenómenos que acompanham uma transição de fase.
5.3.4 Transição de fase 4: transição para um estado de dupla fase	As características duais de um sistema podem ser realizadas através da transição de fase 4, isto é, por substituição de um estado monofásico por um estado de fase dupla.
5.3.5 Interação de fase	A eficácia de um sistema utilizando a transição de fase 4, pode ser melhorada através da criação de interações entre as partes ou fases do sistema.
5.4 Peculiaridades da aplicação de efeitos físicos e fenómenos	
5.4.1 Transições autocontroladas	Se um objeto deve periodicamente existir em diferentes estados físicos, esta transição deve ser realizada pelo próprio objeto através da utilização de transições físicas reversíveis.
5.4.2 Amplificação do campo de saída	Se uma ação forte sob uma fraca influência é necessária, a substância transformadora deve estar no estado quase crítico. A energia é acumulada na substância e a influência funciona como um gatilho.
5.5 Soluções-Padrão experimentais	
5.5.1 Obtenção de partículas de substâncias através da decomposição	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução, e obtê-los diretamente é impossível, as partículas necessárias devem ser criadas pela decomposição de uma substância de nível estrutural mais elevado.
5.5.2 Obtenção de partículas de substâncias através da integração	Se as partículas de uma substância são necessárias a fim de realizar um conceito da solução e é impossível obtê-los diretamente e é impossível aplicar a solução padrão 5.5.1, as partículas necessários podem ser criadas completando ou combinando as partículas de um nível inferior estrutural.
5.5.3 A aplicação das Soluções-Padrão 5.5.1 e 5.5.2	A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.1 é destruir o próximo nível mais alto "completo" ou "excessivo". A maneira mais fácil de aplicar a solução padrão 5.5.2 é completar o mais próximo do nível mais baixo "incompleto".

Anexos 4 – *Layout* Fábrica de Povos

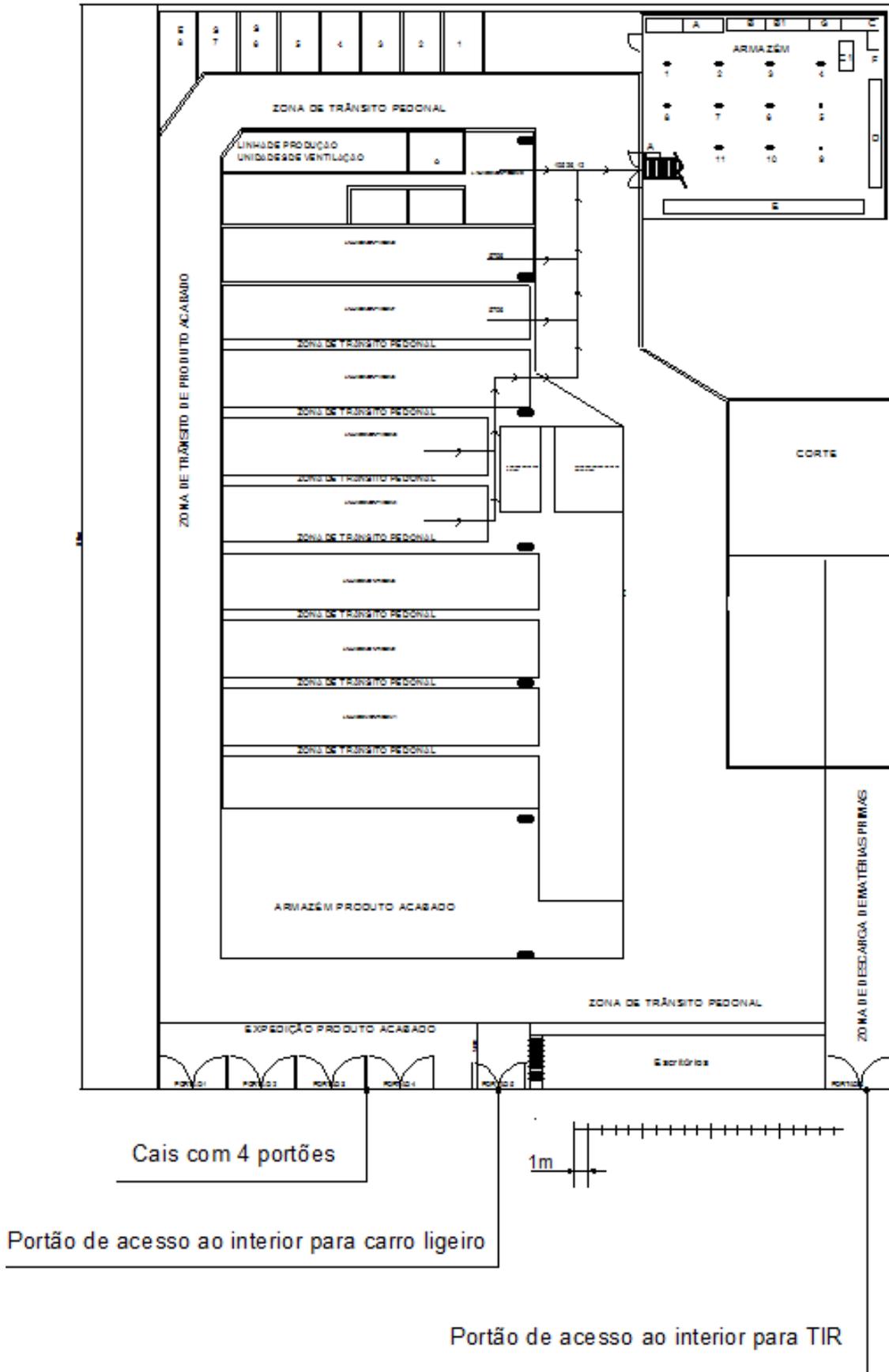


Figura 0.1 - *Layout* da Fábrica de Povos

Anexos 5 – Documentos de Auditoria

Tabela 0.1 - Descrição mais explícita dos 3S para o caso particular do armazém

1.º S (Eliminar)
Identificar, entre todos os materiais, equipamentos, ferramentas, móveis, entre outros, aquilo que é realmente útil e necessário;
Separar tudo o que não tiver utilidade para a zona de trabalho;
Eliminar o que não é necessário;
Disponibilizar os equipamentos e estes estarem operacionais.
2ºS (Arrumar)
Analisar o local onde são arrumados os objetos e porquê
Definir critérios de arrumar cada objeto;
Desenvolver um sistema de identificação visual
Desimpedir corredores e passagens;
Criação de hábitos de arrumação, onde os objetos são colocados nos seus devidos lugares após utilização.
Limpeza geral;
3º S (Limpar)
Evitar sujar a zona de trabalho desnecessariamente;
Limpar os objetos antes de guardá-los no local apropriado;
Conservar e manter limpos os equipamentos;
Manter uma boa apresentação no local de trabalho.

Tabela 0.2 - 1ª Auditoria

		Auditor: Inês Pombo								
Seção: Armazém		Data da Audição: 15/12/2015								
5S	Nº	Critério de avaliação	Exemplos	Classificação					Resposta	
1º Senso				0	1	2	3	4	0 -sim	4- não
Organização	1.1	Existência de material obsoleto no armazém	Recipientes, ferramentas, caixotes,...		x					
	1.2	Existência materiais sem utilização ou com defeito	Meios de transporte, equipamento de limpeza, caixotes...	x						
	1.3	Existência materiais tipo caixotes de transporte ou paletes desorganizados	Material de armazenamento, carros, caixas	x						
	1.4	Existe equipamento desnecessário na zona de trabalho	Armários, prateleiras, cadeiras, computadores		x					
	1.5	Existe informação desnecessária/ irrelevante na área de trabalho	Boletins, instruções, etiquetas erradamente colocadas		x					
2º Senso									0-não	4 - sim
Identificação	2.1	As áreas de armazenagem estão identificadas de acordo com algum modelo	Planeamento em CAD		x					
	2.2	Existem marcas/sinais distintos dentro na zona de trabalho	Marcas indicadoras no chão		x					
	2.3	Existem placas de identificação que distingue zonas de trabalho	Placas de definição de áreas		x					
	2.4	Existem identificações de zonas de arrumação (armários)	Etiquetas do material		x					
3º Senso									0-não	4 - sim
Limpeza	3.1	Os acessos encontra-se desimpedidos e limpos	Zonas de circulação de material		x					
	3.2	Os postos de trabalho estão limpos, sem sujidade? E em locais de difícil acesso	Secretárias, computadores	x						
	3.3	A área de trabalho está limpa (chão, paredes, janelas, portas)	Pó, restos de cartão,		x					
	3.4	Os equipamentos de transporte encontram-se limpos	Empilhadores e paletizadores					x		
	3.5	Existem rotinas/ planos ou <i>checklists</i> de limpeza	Limpeza de zonas previamente planeadas	x						

Tabela 0.3 - 2ª Auditoria

		Auditores: Inês Pombo, Ruben Nunes								
		Seção: Armazém	Data da Audição: 9/2/2015							
5	Nº	Critério de avaliação	Exemplos	Classificação					Resposta	
1º Senso				0	1	2	3	4	0 - sim	4 - não
Organização	1.1	Existência de material obsoleto no armazém	Recipientes, ferramentas, caixotes,...					x		
	1.2	Existência materiais sem utilização ou com defeito	Meios de transporte, equipamento de limpeza, caixotes...				x			
	1.3	Existência materiais tipo caixotes de transporte ou paletes desorganizados	Material de armazenamento, carros, caixas					x		
	1.4	Existe equipamento desnecessário na zona de trabalho	Armários, prateleiras, cadeiras, computadores					x		
	1.5	Existe informação desnecessária/ irrelevante na área de trabalho	Boletins, instruções, etiquetas erradamente colocadas					x		
2º Senso									0-não	4 - sim
Identificação	2.1	As áreas de armazenagem estão identificadas de acordo com algum modelo	Planeamento em CAD					x		
	2.2	Existem marcas/sinais distintos dentro na zona de trabalho	Marcas indicadoras no chão					x		
	2.3	Existem placas de identificação que distingue zonas de trabalho	Placas de definição de áreas					x		
	2.4	Existem identificações de zonas de arrumação (armários)	Etiquetas do material				x			
3º Senso									0-não	4 - sim
Limpeza	3.1	Os acessos encontra-se desimpedidos e limpos	Zonas de circulação de material					x		
	3.2	Os postos de trabalho estão limpos, sem sujidade? E em locais de difícil acesso	Secretárias, computadores				x			
	3.3	A área de trabalho está limpa (chão, paredes, janelas, portas)	Pó, restos de cartão,				x			
	3.4	Os equipamentos de transporte encontram-se limpos	Empilhadores, paletizadores				x			
	3.5	Existem rotinas/ planos ou <i>checklists</i> de limpeza	Limpeza de zonas previamente planeadas			x				

	3.6	Estão disponíveis no posto de trabalho material de limpeza	Detergente e vassouras						x		
4º Senso										0-não	4 - sim
Padronização	4.1	Os materiais estão armazenados nos locais atribuídos	Prateleiras, áreas de trabalho, armários, gavetas,						x		
	4.2	Existem padrões homogêneos e estão a ser corretamente utilizados	Zonas de armazenamento definidas, quadros de informação <i>standards</i> , as cores utilizadas são <i>standard</i> , identificações <i>standards</i> , identificação das peças					x			
	4.3	Existem planos de limpeza	Definição de um plano para limpeza de alguns componentes de montagem mais sensíveis				x				
	4.4	Existem relatórios para reportar e estão <i>standardizados</i>	Relatório para reportar alterações ou não conformidades de desenho						x		
5º Senso										0-não	4 - sim
Disciplina	5.1	Estão adequadamente treinados para os procedimentos do 5S	Formação a operadores e verificar aplicação correta dos Sensos						x		
	5.2	Existe algum registo da total aceitação dos padrões descritos no ponto 4	Registo de novos procedimentos							x	
	5.3	Os padrões descritos no ponto 4 implementados e em melhoria continua	Alteração de procedimentos com base em propostas de melhoria de colaboradores							x	
	5.4	Utiliza-se o sistema de registo de defeitos	Propostas de melhoria do colaborador, atualização							x	