



Carolina Gomes Fernandes

Licenciatura em Ciências de Engenharia e Gestão Industrial

Estudo de Melhoria do Processo de Fabrico de Unidades de Tratamento de Ar

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

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

Co-orientadora: Professora Doutora Isabel Maria do Nascimento Lopes Nunes, Professora Auxiliar, FCT-UNL

Jurí:

Presidente: Prof. Doutora Virgínia Helena Aritmeia de Campos Machado
Vogais: Prof. Doutora Celina Maria Godinho Silva Pinto Leão
Prof. Doutora Helena Victorovna Guitiss Navas



Setembro de 2017

Estudo de Melhoria do Processo de Fabrico de Unidades de Tratamento de Ar

Copyright © Carolina Gomes Fernandes, 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.

“O que prevemos raramente ocorre; o que menos esperamos geralmente acontece.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

Representando esta dissertação o terminar de mais uma etapa, não posso deixar de agradecer a todos os que dela fizeram parte.

Em primeiro lugar, agradeço à Sandometal-Metalomecânica e Ar Condicionado SA por me ter proporcionado a realização do presente estudo. A experiência revelou-se enriquecedora, tanto a nível profissional como pessoal. Agradeço a todos os Engenheiros que partilharam comigo os seus conhecimentos, em particular à Engenheira Inês Pombo pelo apoio e esclarecimento de todas as minhas dúvidas e acompanhamento ao longo deste percurso.

Agradeço ainda a todos os trabalhadores da Sandometal, que tive a felicidade de conhecer e que amavelmente me receberam, ajudaram e transmitiram valiosos conhecimentos que ficarão para a prosperidade.

Agradeço às minhas orientadoras, a Professora Doutora Helena Navas e Professora Doutora Isabel Nunes, pela disponibilidade que sempre demonstraram bem como pela orientação durante a elaboração da dissertação. Agradeço a ambas o apoio e incentivo à minha melhoria enquanto pessoa e profissional.

Aos amigos que fiz durante este percurso académico, obrigada pelo apoio, incentivo e pelos bons momentos que passámos. Todos vocês me ensinaram algo que levarei comigo para o resto da vida. Acredito que continuaremos a contruir memórias juntos.

Aos meus amigos que estão comigo desde sempre ou que por coincidências da vida apareceram e acabaram por ficar. Um obrigada a todos pela amizade, pelo apoio nos bons e maus momentos e pelos momentos de diversão proporcionados. Vocês são a prova de que os amigos são a família que escolhemos.

Agradeço à minha família, que são a minha base e o meu alicerce. Obrigada pelo apoio, incentivo e carinho que me deram não só nesta etapa da minha vida, mas também ao longo de toda a minha existência.

Aos meus pais que são a minha força e a minha fonte de inspiração. É a eles que devo a pessoa que sou hoje. Obrigada pelo vosso esforço em me proporcionarem e facilitarem a realização de todos os meus objetivos, sem vocês não conseguiria chegar onde cheguei.

Ao Afonso, obrigada por toda a paciência e carinho ao longo de todos estes anos. Obrigada pelo constante apoio e por me fazeres acreditar em mim e nas minhas capacidades. Sem ti, esta etapa teria sido muito mais complicada de concluir.

Por fim, agradeço aos que não estão comigo, mas sei que me acompanham neste caminho e me iluminam a vida.

RESUMO

Num mundo globalizado, as organizações, face à concorrência crescente em diversos ramos de atividades económicas, têm sido forçadas a aplicar novas técnicas e abordagens de gestão de processos devido a limitações dos modelos de gestão tradicionais. A aplicação de tais técnicas e ferramentas analíticas, tem como intuito o aumento da produtividade e eficiência operacional.

No caso do setor das empresas que fabricam Unidades de Tratamento de Ar, caracterizado por uma grande e feroz concorrência, destaca-se, desde logo, a necessidade de redução de custos e tempos de operações. Verifica-se, ainda, a inevitabilidade de aplicação de metodologias e abordagens inovadoras. Deste modo, as organizações são capazes de se destacar no mercado, oferecendo produtos com preços mais reduzidos que os praticados pela concorrência, isto, sem colocar em causa a qualidade dos mesmos.

Neste contexto, surgiu a oportunidade de realizar um estudo na Sandometal- metalomecânica e ar condicionado, SA, uma empresa metalomecânica, que atua no setor industrial de tratamento de ar e de ventilação, a qual serviu de objeto para a realização da presente dissertação. O principal objetivo do estudo realizado consistiu na melhoria de um processo de montagem através do aumento da eficiência do mesmo.

O cumprimento do referido objetivo contribuiu para o aumento da competitividade da organização, pelo que foi importante explorar metodologias que permitam analisar detalhadamente os métodos de trabalho e quantificá-los. Nesta ótica, foram aplicados conceitos do estudo de trabalho, bem como ferramentas analíticas TRIZ aliadas à filosofia *Lean Manufacturing* que auxiliaram no desenvolvimento de propostas de melhoria.

Entre os vários resultados obtidos, destaca-se a redução do tempo de ciclo em 17% através da eliminação de elementos de atividade sem valor acrescentado, a melhoria do fluxo de informação interna, a redução do número de defeitos e finalmente, uma melhoria do ambiente organizacional.

Palavras-chave: Estudo do trabalho, TRIZ, Lean Manufacturing, melhoria contínua, eficiência

ABSTRACT

Due to the globalization of the markets and the constant competition amongst organizations, there is a need for the companies to stay competitive. In order to do so, companies research and test out brand new techniques and management approaches in order to increase productivity and therefore operational efficiency.

With regards to companies of assembling air treatment units, a sector with fierce and cut-throat competition, there is a need to reduce cost and operations' time. There is also a necessity to apply new and unhackneyed methods and approaches. Thus, they become able to offer products at lower prices compared to their competitors, without any quality decrease.

The author had the opportunity develop this study at Sandometal, S.A – an air treatment unit fabricant. The main goal of this study was to increase efficiency of the production line.

The goal fulfilment contributed to the increase of the organization' competitiveness, in order to do so, it was extremely important to explore methodologies that allowed us to analyse in detail the work methods and quantify them. In this case Work Study concepts were applied, as well as TRIZ analytical tools and Lean Manufacturing which permitted the identification of improvement opportunities and consequent elimination of waste.

Amongst various results, stands of the reduction of the cycle time in 17%, as well as the improvement of the internal communication, reduction of defects and improvement of the organizational environment.

Keywords: Work Study, TRIZ, *Lean Manufacturing*, continuous improvement, efficiency.

ÍNDICE DE MATÉRIAS

AGRADECIMENTOS	vii
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
ÍNDICE DE MATÉRIAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE TABELAS	xvii
LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS	xix
1. INTRODUÇÃO	- 1 -
1.1 Enquadramento e objetivos	- 1 -
1.2 Estrutura da dissertação	- 2 -
2. METODOLOGIAS DE APOIO À MELHORIA DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS.....	- 3 -
2.1 Teoria de Resolução Inventiva de Problemas	- 3 -
2.1.1 Níveis de Inovação	- 4 -
2.1.2 Características e conceitos fundamentais	- 4 -
2.1.3 Principais ferramentas analíticas e técnicas da TRIZ.....	- 7 -
2.2 Filosofia Lean.....	- 16 -
2.2.1 Origem e Princípios Lean	- 17 -
2.2.2 Desperdícios.....	- 19 -
2.2.3 Ferramentas analíticas do Lean	- 20 -
2.3 Estudo do trabalho	- 26 -
2.3.1 Estudo dos tempos.....	- 26 -
3. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO	- 33 -
3.1 Apresentação da empresa e do caso de estudo	- 33 -
3.2 Descrição do Processo de Produção Geral.....	- 34 -
3.3 Metodologia de estudo.....	- 35 -
4. IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA	- 45 -
4.1 Estudo dos tempos	- 45 -
4.2 Observação direta do processo de montagem	- 52 -
5. PROPOSTAS DE MELHORIA	- 57 -

5.1	Alteração do autocolante de identificação de peças	- 57 -
5.2	Alteração da fita cola que envolve as portas	- 57 -
5.3	Redução do tempo de procura de peças.....	- 58 -
5.4	Redução do tempo de procura de ferramentas	- 60 -
5.5	Redução do tempo de espera e de procura de ferramentas elétricas	- 62 -
5.6	Redução das deslocações ao armazém.....	- 64 -
5.7	Melhoria de comunicação interna	- 65 -
5.8	Redução de defeitos	- 68 -
5.9	Melhoria do ambiente organizacional	- 69 -
6.	DISCUSSÃO DE RESULTADOS.....	- 73 -
7.	CONCLUSÕES	- 77 -
7.1	Limitações do estudo	- 79 -
7.2	Trabalhos futuros	- 80 -
8.	BIBLIOGRAFIA	- 81 -
	ANEXOS.....	- 85 -
	ANEXO A – TABELA RESUMO DE FERRAMENTAS LEAN	- 86 -
	ANEXO B - MODELOS DE UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR.....	- 88 -
	ANEXO C – MÁQUINA MODELO ESDM 4/6.....	90
	ANEXO D – MÁQUINA MODELO ESDM 4/6 COMPARATIVA	91
	ANEXO E – DESENHO DA MÁQUINA EM ANÁLISE	92
	ANEXO F – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO GERAL.....	- 93 -
	ANEXO G – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE MONTAGEM DA UTA.....	- 94 -
	ANEXO H – CÓDIGOS DAS OPERAÇÕES E RESPETIVOS ELEMENTOS DE ATIVIDADE ...	- 95 -
	ANEXO I – ESQUEMA DAS ATIVIDADES E ELEMENTOS CÍCLICOS E NÃO CÍCLICOS	- 113 -
	ANEXO J - VALIDAÇÃO DA AMOSTRA.....	114
	ANEXO K – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE 5S.....	115
	ANEXO L – FORMULÁRIO DE AUDITORIA DE DEFEITOS	116
	ANEXO M – ESQUEMA DAS ATIVIDADES E ELEMENTOS DE ATIVIDADE ESPERADO	117

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Processo geral de resolução de problemas	- 3 -
Figura 2.2 - Metodologia de resolução de problemas da TRIZ.....	- 7 -
Figura 2.3 - Etapas para a aplicação da Análise Substância-Campo.....	- 9 -
Figura 2.4 - Modelo Substância Campo de um sistema completo.....	- 9 -
Figura 2.5 - Sistema incompleto, inexistência do campo "C".....	- 11 -
Figura 2.6 - Sistema com efeito prejudicial	- 11 -
Figura 2.7 - Sistema completo insuficiente ou ineficiente	- 12 -
Figura 2.8 - Solução geral 1	- 13 -
Figura 2.9 - Solução geral 2	- 13 -
Figura 2.10 - Solução geral 3	- 13 -
Figura 2.11 - Solução geral 4	- 14 -
Figura 2.12 - Solução geral 5	- 14 -
Figura 2.13 - Solução geral 6	- 15 -
Figura 2.14 - Solução geral 7	- 15 -
Figura 2.15 - Fluxograma simplificado da metodologia ARIZ	- 15 -
Figura 2.16 - Princípios do Lean	- 17 -
Figura 2.17 - Dimensões do modelo de Shingo	- 24 -
Figura 3.1- Unidade de tratamento de ar modelo eSDM	- 33 -
Figura 3.2 - Fluxograma da metodologia de estudo	- 36 -
Figura 3.3 - Metodologia para técnica de estudo do tempo.....	- 37 -
Figura 3.4 - Metodologia para desenvolvimento de propostas de melhoria	- 44 -
Figura 4.1 - Tempo de ciclo referente à produção da UTA.....	- 45 -
Figura 4.2 - Divisão de tipos de atividade por tempo de ciclo.....	- 46 -
Figura 4.3 - Diagrama de Pareto dos elementos cíclicos	- 47 -
Figura 4.4 - Etiqueta de identificação de painéis e portas	- 48 -
Figura 4.5 - Porta com fita cola	- 49 -
Figura 4.6 - Arrumação do armário do posto de trabalho	- 50 -
Figura 4.7 - Arrumação de armário de outra linha de montagem	- 50 -
Figura 4.8 – Divisão dos elementos não cíclicos	- 51 -
Figura 4.9 - Resumo das oportunidades de melhoria identificadas.....	- 52 -
Figura 4.10 - Oportunidades de melhoria obtidas por observação direta.....	- 55 -
Figura 5.1 - Fita adesiva proposta.....	- 57 -
Figura 5.2 - Situação atual da área exterior ao armazém.....	- 58 -
Figura 5.3 - Antes e depois da abertura dos bits de fixação.....	- 59 -
Figura 5.4 - Caixa para bits de fixação.....	- 59 -
Figura 5.5 - Processo realizado para obtenção da solução ideal	- 60 -
Figura 5.6 - Sistema ineficiente	- 63 -

Figura 5.7 - Alteração da substância S1 por S3	- 64 -
Figura 5.8 - Avisos afixados	- 66 -
Figura 5.9 - Quadro de gestão visual de informação ilustrativo.....	- 68 -
Figura 6.1 - Melhoria do ciclo de tempo com a implementação das propostas.....	- 75 -
Figura 6.2 - Divisão de atividades por tempo de ciclo	- 76 -

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - Níveis de inovação	- 4 -
Tabela 2.2 - Aplicação da Matriz de Contradições	- 8 -
Tabela 2.3 - Simbologia utilizada no Modelo Análise Substância-Campo.....	- 10 -
Tabela 2.4 - Categorias das Soluções Padrão	- 12 -
Tabela 2.5 - Exemplo de Matriz da Idealidade.....	- 16 -
Tabela 2.6 - Tipo de controlo visual a aplicar.....	- 22 -
Tabela 2.7 - Fatores de atividade.....	- 30 -
Tabela 3.1 - Lista de peças da UTA em estudo	- 38 -
Tabela 3.2 - Atividades identificadas no processo de montagem da UTA	- 39 -
Tabela 3.3 - TMO dos elementos de atividade cíclicos	- 40 -
Tabela 3.4 - TMO dos elementos não cíclicos	- 41 -
Tabela 3.6 - Tempos normais dos elementos cíclicos	- 42 -
Tabela 3.7 - Tempos normais dos elementos não cíclicos.....	- 43 -
Tabela 4.1 - Percentagem de tempo de cada elemento cíclico no total de elementos cíclicos	- 46 -
Tabela 4.2 - Percentagem acumulada do Diagrama de Pareto.....	- 48 -
Tabela 4.3 - Percentagem de tempo de elementos não cíclicos no total de elementos não cíclicos.....	- 49 -
Tabela 5.1 - Cruzamento dos parâmetros técnicos para a obtenção das soluções inventivas	- 62 -
Tabela 5.2 - Matriz da Idealidade.....	- 64 -
Tabela 5.3 - Influência das pontuações das auditorias no prémio de produtividade	- 68 -
Tabela 6.1- Propostas de melhoria, os seus impactos e estado de implementação.....	- 73 -

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS

ARIZ – Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas

ASC – Análise Substância-Campo

C – Campo

EPI – Equipamento de Proteção Individual

FA – Fator de atividade

GDL – Graus de Liberdade

JIT – *Just in Time*

n – Dimensão da amostra (número de observações efetuadas)

N – Número de observações a efetuar

S – Substância

TC – Tempo de ciclo

TMO – Tempo médio observado

TN – Tempo normal

TO – Tempo observado

TOC – *Teory of constrains*

TP – Tempo Padrão

TPS – *Toyota Production System*

TRIZ – Teoria de Resolução Inventiva de Problemas

UTA – Unidade de Tratamento de Ar

1. INTRODUÇÃO

No presente capítulo, apresenta-se o enquadramento, os objetivos e a estrutura desta dissertação.

1.1 ENQUADRAMENTO E OBJETIVOS

Nos últimos anos, no panorama económico, têm-se verificado várias crises que influenciam as organizações a implementarem a melhoria contínua para que se mantenham competitivas e se diferenciem dos seus concorrentes de mercado. Nesta perspetiva, a aplicação da filosofia *Lean Manufacturing* revela-se vantajosa, pois sugere a introdução de ferramentas analíticas que visam a identificação sistemática e a consequente redução ou eliminação de desperdícios, numa ótica de melhoria contínua (Gupta e Jain, 2013). Esta metodologia aplicada em conjunto com conceitos de estudo do trabalho, é particularmente benéfica, uma vez que, identifica atividades críticas e atividades que não acrescentam valor aos processos. Assim, é possível atuar sobre estas atividades, tornando os processos produtivos mais eficientes.

Destaca-se ainda que, por vezes, os procedimentos e as técnicas tradicionais de gestão dos processos produtivos e de resolução de problemas, não permitem obter resultados satisfatórios, num ambiente de constante mudança e competição. Como tal, as organizações necessitam de novas técnicas e abordagens que visem a elaboração de propostas de solução mais criativas e inovadoras. As empresas devem evoluir da inovação esporádica para a inovação sistemática. Para tal, é necessário recorrer a novas metodologias e ferramentas analíticas, entre as quais a Teoria de Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ). A aplicação conjunta dos princípios *Lean* e da metodologia TRIZ pode ser uma importante ferramenta de auxílio das organizações na redução de desperdícios, na melhoria de produtos com base na inovação e na resolução de contradições.

A presente dissertação foi elaborada na empresa Sandometal, a qual se dedica à produção de unidades de tratamento de ar e de unidades de ventilação. Os estudos e trabalhos desenvolvidos para a dissertação decorreram nas linhas de montagem de unidades de tratamento de ar.

O objetivo fulcral do presente estudo é o aumento da eficiência do processo de montagem de Unidades de Tratamento de Ar. Para o efeito, realizou-se uma identificação e diagnóstico de problemas no processo produtivo a partir aplicação de conceitos de Estudo do Trabalho. Através da aplicação de tais conceitos foram identificados os desperdícios no processo produtivo. De seguida, no sentido de reduzir ou eliminar estes desperdícios foi realizada a aplicação conjunta de ferramentas analíticas TRIZ e *Lean*, tais como, Análise Substância-Campo, 5S, Gestão visual, entre outras. Estas permitiram o

desenvolvimento de propostas de melhoria cuja sua aplicação e concretização deverá alcançar o objetivo anteriormente anunciado.

1.2 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Este documento encontra-se dividido em sete capítulos.

O presente capítulo é introdutório e tem por objetivo explicar e explicitar o âmbito do caso de estudo, pelo que o seu enquadramento deve ser primordialmente realizado. Para além disso, os objetivos devem ser clarificados e por fim, deve ser apresentada a forma como este documento se encontra organizado através da descrição da sua estrutura.

O segundo capítulo consiste no enquadramento teórico deste trabalho. A pesquisa bibliográfica é uma etapa crucial, na medida em que são detalhadas todas as ferramentas analíticas que serão utilizadas no estudo. No caso em estudo, como o objetivo é o de aumentar a eficiência das linhas de montagem, são explorados conceitos relacionados com a metodologia TRIZ, filosofia *Lean Manufacturing* e finalmente, Estudo do Trabalho.

O terceiro capítulo introduz o caso de estudo. Inicialmente é feita uma apresentação da empresa Sandometal e do produto alvo do presente estudo. Seguidamente é realizada a caracterização do processo de montagem e por fim é apresentada a metodologia de estudo utilizada.

No quarto capítulo é realizada a identificação das oportunidades obtidas, através da análise dos resultados obtidos após a aplicação de variados conceitos de Estudo dos Tempos.

No quinto capítulo são apresentadas propostas melhorias ao processo de montagem. Estas melhorias, tal como referido anteriormente, visam aumentar a eficiência do processo. As propostas de melhoria formuladas são apoiadas por ferramentas analíticas e metodologias *Lean* e TRIZ.

No sexto capítulo são discutidos os resultados obtidos através da aplicação das propostas de melhoria apresentadas.

Por último, no sétimo capítulo, são formuladas as conclusões finais. Para além disto, são referidas as limitações encontradas ao longo da elaboração desta dissertação e por fim, uma vez que este estudo se encontra integrado numa ótica de melhoria contínua é pertinente propor trabalhos futuros.

2.METODOLOGIAS DE APOIO À MELHORIA DOS PROCESSOS INDUSTRIAIS

Sendo o objetivo primordial deste estudo a melhoria de um processo de montagem, a temática do Estudo do Trabalho é uma área que deve ser aprofundada. A partir desta, é possível identificar as oportunidades de melhoria. Nesta ótica de melhoria contínua, é relevante a aplicação dos princípios e ferramentas analíticas da filosofia *Lean Manufacturing*. Aliada a esta filosofia é também utilizada a Teoria de Resolução Inventiva de Problemas (TRIZ), sendo esta um precioso auxiliar na resolução dos problemas identificados, promovendo soluções mais inovadoras.

O presente capítulo tem como propósito a apresentação da pesquisa e revisão bibliográfica realizada sobre a Teoria de Resolução Inventiva de Problemas, *Lean Manufacturing* e por fim, Estudo do Trabalho.

2.1 TEORIA DE RESOLUÇÃO INVENTIVA DE PROBLEMAS

A Teoria de Resolução Inventiva de Problemas ou TRIZ conforme é usualmente designada, foi desenvolvida por Genrich S. Altshuller em 1946, na ex-URSS (Altshuller, 2007).

Esta teoria é considerada uma metodologia e consiste num conjunto de ferramentas analíticas que permitem a identificação de contradições em sistemas, bem como a formulação e solução de problemas através da eliminação ou diminuição de contradições. De acordo com figura 2.1, a referida metodologia permite transformar um problema específico, num problema genérico, em que a solução para o problema genérico é transformada numa solução específica (Navas, 2017).

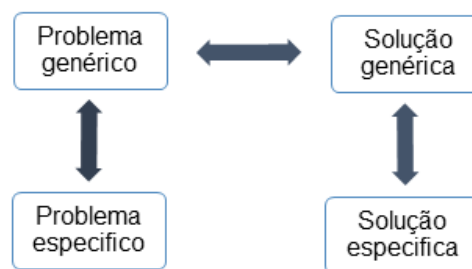


Figura 2.1- Processo geral de resolução de problemas (adaptado de Mazur, 1995)

2.1.1 Níveis de Inovação

Genrich Altshuller analisou mais de um milhão e meio de patentes. Após a sua análise, identificou 5 níveis inventivos, que estão apresentados na tabela 2.1 (Navas, 2014).

Tabela 2.1 - Níveis de inovação (Navas,2014)

Nível de inovação	Descrição	Porcentagem de soluções
1	Soluções de rotina utilizando métodos bem conhecidos na área de especialidade.	30%
2	Pequenas correções em sistemas existentes recorrendo a métodos conhecidos na indústria	45%
3	Melhorias importantes que resolvem contradições em sistemas típicos de um dado ramo de atividade.	20%
4	Soluções baseadas na aplicação de novos princípios científicos. Os problemas são solucionados através da substituição da tecnologia original por uma nova tecnologia	4%
5	Soluções inovadoras baseadas em descobertas científicas não anteriormente exploradas.	1%

O mesmo problema pode ser resolvido através de soluções com diferentes níveis de inovação, não havendo uma solução única.

Inicialmente, a TRIZ era vista como mais adequada no auxílio da resolução de problemas que surgem dos níveis 3 e 4, onde a aplicação de resoluções tradicionais não produzia resultados assinaláveis. Nas últimas décadas, no desenvolvimento de soluções do nível 5 (inovação “radical” ou inovação “disruptiva”) cada vez mais se recorre à metodologia TRIZ.

2.1.2 Características e conceitos fundamentais

De acordo com Savransky (2000), a TRIZ é caracterizada como uma metodologia sistemática de resolução de problemas, orientada para o ser humano e baseada em conhecimentos.

Ainda segundo o mesmo autor, fazendo uma análise aprofundada destas características, a metodologia TRIZ é baseada no conhecimento pois:

- As suas heurísticas de resolução de problemas foram baseadas num vasto número de patentes de vários países do mundo e de vários campos da engenharia, promovendo o conhecimento acerca da resolução genérica de problemas;
- Faz uso dos conhecimentos das ciências da natureza e da engenharia;

Além disto, Savransky (2000) refere que se trata de uma metodologia orientada para o ser humano, uma vez que, o uso computacional não substitui o uso humano. A maioria dos problemas que enfrentamos, repetem-se inúmeras vezes, e como tal é possível o uso de computadores. No entanto, muitos dos problemas ocorrem apenas uma vez, e para esses problemas é ineficiente a utilização de computadores, pois iria-se despende muito no desenvolvimento de um programa capaz de resolver o problema. Como tal, o cérebro humano é mais adequado nestes casos.

Savransky (2000) menciona ainda que a TRIZ é sistemática, esta característica pode ter dois significados:

- Possui métodos estruturados para orientar a resolução eficaz de problemas;
- Considera a situação problemática, a solução e o processo de solução como sistemas.

Por último, Savransky (2000) afirma que a TRIZ é orientada para a solução inventiva de problemas dado que é direcionada para a resolução de uma classe específica de problemas, aquelas nas quais existem contradições. O propósito da metodologia TRIZ é trazer mais criatividade quanto à resolução de problemas.

A compreensão plena da metodologia TRIZ pressupõe que os respetivos conceitos fundamentais sejam conhecidos e bem definidos. Como tal, para compreensão deste trabalho é pertinente desenvolver dois conceitos subjacentes à TRIZ, sendo estes as contradições e os recursos.

• **Contradição**

A contradição consegue mostrar onde e quando o conflito acontece. Uma contradição ocorre quando ao tentar melhorar uma característica ou um parâmetro de um sistema, prejudica-se com isso uma outra característica ou parâmetro (Navas, 2017).

Quando se elimina a contradição do problema, é mais fácil encontrar uma quantidade variada de soluções criativas e eficazes. Normalmente, o problema não é resolvido se a sua contradição não foi ultrapassada. (Savransky, 2000).

Uma contradição não resolve problemas, mas pode ajudar a descobrir caminhos para a sua resolução. As contradições podem ser eliminadas modificando o sistema ou um dos seus subsistemas (Navas, 2013).

Na metodologia TRIZ, os problemas são divididos em dois grupos (Navas, 2014a):

- Locais: Podem ser atenuados ou eliminados por modificação de um subsistema, mantendo os restantes inalterados;
- Globais: Podem ser resolvidos pelo desenvolvimento de um sistema novo baseado num

princípio de funcionamento diferente.

Existem ainda três tipos de contradições:

- **Contradição administrativa:** Ocorre quando se executa um processo no qual um fenômeno indesejado é acompanhado de um resultado desejado (Ilevbare, et al., 2011). Por exemplo, uma empresa com falta de capacidade de mão-de-obra, resolve essa situação com a contratação de mais recursos humanos ou através da melhoria de processos;
- **Contradição técnica:** Ocorre quando se tenta melhorar determinada propriedade ou função do sistema e isso leva à deterioração de outras (Savransky, 2000). Por exemplo, sempre que se pretende aumentar a aceleração de um veículo é necessário um motor maior, no entanto, isso vai aumentar o custo do mesmo (efeito negativo);
- **Contradição física:** Surge quando existem requisitos inconsistentes para a condição física do mesmo sistema, isto é, simultaneamente à intensificação de uma função útil num subsistema, ocorre intensificação de uma função negativa existente no mesmo subsistema (Ilevbare, et al., 2011). Por exemplo, caso se pretende fundir um determinado composto, quanto mais elevada for a temperatura, mais rapidamente se consegue a fusão, no entanto, é necessária uma temperatura mais reduzida para se obter uma mistura homogênea do composto.

• **Análise de Recursos**

Após a definidas as contradições do sistema técnico é fulcral avaliar os recursos disponíveis para eliminar esta contradição. Os recursos são definidos como tudo aquilo que pode ser utilizado para resolver o problema e melhorar o sistema, não aumentando os custos. A identificação dos recursos disponíveis e a sua melhor utilização são importantes na procura de soluções com melhor relação custo/eficiência. A TRIZ exige que a análise de recursos tenha em conta não só os recursos “negativos”, mas também os recursos “positivos” do sistema. As melhorias devem continuar até que se consiga uma plena utilização dos recursos (Navas, 2014b).

Os recursos podem ser agrupados do seguinte modo: (Savransky, 2000):

- **Recursos Naturais ou Ambientais:** Qualquer recurso ou campo que exista na natureza;
- **Recursos de Tempo:** Intervalos de tempos, no início, no fim, e entre os ciclos de um processo;
- **Recursos de Espaço:** Posições, locais, etc.;
- **Recursos do Sistema:** Novas funções que se obtêm ao alterarem-se as conexões entre subsistemas ou quando se juntam técnicas independentes;
- **Recursos de Substâncias:** Qualquer material que produz a técnica e o seu ambiente;
- **Recursos de Campo/Energia:** Qualquer campo ou fluxo de energia já existente, ou produzido, que pode substituir um subsistema;
- **Recursos de Informação:** Qualquer sinal já existente ou que pode ser produzido;
- **Recursos Funcionais:** Capacidade de uma técnica de executar funções secundárias ou

auxiliares.

Além da classificação apresentada anteriormente, Savransky (2000) pretendendo a redução de custos de produção de recursos e minimização de danos, refere que os recursos devem ser ordenados de preferência do seguinte modo:

- Recursos nocivos – Os recursos nocivos identificam funções nocivas ou objetos das quais é possível extrair benefícios;
- Recursos prontamente disponíveis – Os recursos prontamente disponíveis são recursos livres disponíveis, sendo que estes que ser utilizados no seu estado atual;
- Recursos provenientes – Os recursos provenientes consistem nos recursos que podem ser obtidos através da transformação de recursos livremente disponíveis e que não são úteis nos respectivos estados atuais;
- Recursos diferenciais – Os recursos diferenciais são recursos de identidades deriváveis, onde existem diferenças na estrutura ou nas propriedades das substâncias ou campos disponíveis.

2.1.3 Principais ferramentas analíticas e técnicas da TRIZ

A metodologia TRIZ tem várias ferramentas analíticas, sendo as mais divulgadas, Matriz de Contradições, o ARIZ – Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas e *SuField* – Análise Substância-Campo. Na figura 2.2 é possível analisar um resumo de todas as ferramentas analíticas existentes.

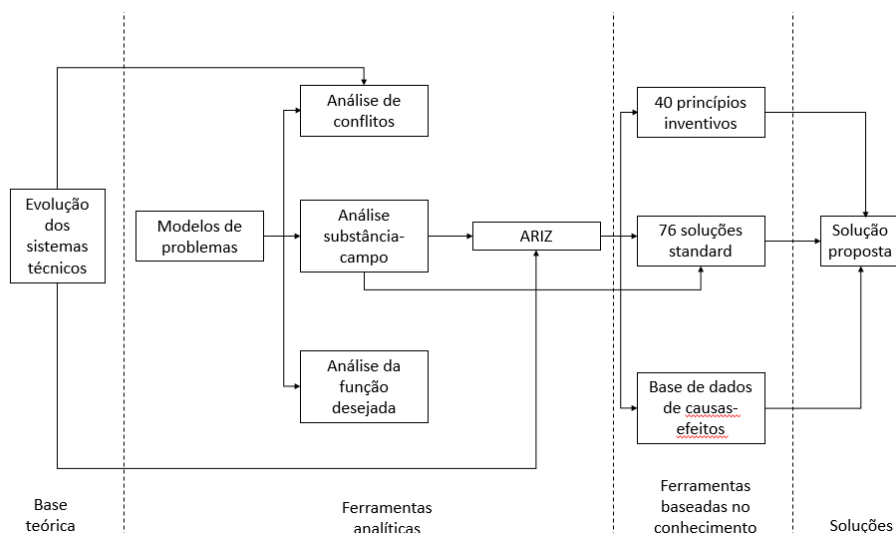


Figura 2.2 - Metodologia de resolução de problemas da TRIZ (adaptado de Ekmekci e Koksal ,2015)

As ferramentas analíticas utilizadas no presente estudo e que serão de seguida apresentadas

em detalhe são as seguintes: princípios de invenção e matriz de contradições, análise substância-campo, Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas e por fim Matriz Idealidade.

2.1.3.1 Princípios de Invenção e a Matriz de Contradições

Através do estudo de patentes realizado, Altshuller verificou que existiam apenas 1250 conflitos típicos de sistema e identificou 39 parâmetros técnicos ou atributos de produto que geralmente se tentavam melhorar (Navas, 2014).

A partir destes parâmetros técnicos desenvolveu-se um conjunto de 40 princípios inventivos. Considera-se que os princípios inventivos são heurísticas ou propostas de potenciais soluções para um determinado problema. Cada um dos Princípios Inventivos apresentados na tabela têm um significado técnico específico.

A Matriz de contradições, é considerada a ferramenta mais utilizada por quem recorre à Metodologia TRIZ, e é utilizada da seguinte forma:

1. Identificar nas linhas os parâmetros técnicos a serem melhorados;
2. Identificar nas colunas os parâmetros técnicos prejudicados com a melhoria dos outros;
3. No cruzamento das linhas com as colunas encontram-se os princípios inventivos indicados para a resolução da contradição.

Os passos anteriormente descritos, encontram-se ilustrados na Tabela 2.2 .

Caso algum destes parâmetros técnicos ou princípios inventivos não tenham qualquer relação com o caso de estudo, podem ser excluídos da Matriz de Contradições.

Tabela 2.2 - Aplicação da Matriz de Contradições (adaptado de Mazur, 1995)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1 Peso (objecto móvel)	-	-	15, 8 29, 34	-	29, 17 38, 34	-	29, 2 40, 38	-	2, 8 45, 29	8, 10 18, 37	10, 36 37, 40	10, 14 35, 40	1, 35 19, 39
2 Peso (objecto imóvel)	-	-	-	10, 1 29, 35	-	-	-	-	-	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	-	-	4, 35	-	8 17, 10	4 1, 8	35 1, 8	10, 29 15, 34

2.1.3.2 Análise Substância – Campo

A Análise Substância - Campo (ou ASC) é uma ferramenta analítica que auxilia na identificação de problemas num determinado sistema técnico e encontra soluções inovadoras para os nomeados problemas, permitindo a esquematização dos sistemas através de uma abordagem gráfica (Navas, 2017). O sistema gráfico pode ser representado por um triângulo cujos vértices representam “substâncias” (objetos, componentes, etc.) e “campos” (ações ou interações) (Navas, 2014c).

Para a aplicação desta ferramenta é necessário passar pelas etapas de construção dos modelos funcionais, que estão representadas na figura 2.3 (Altshuller, 2007).

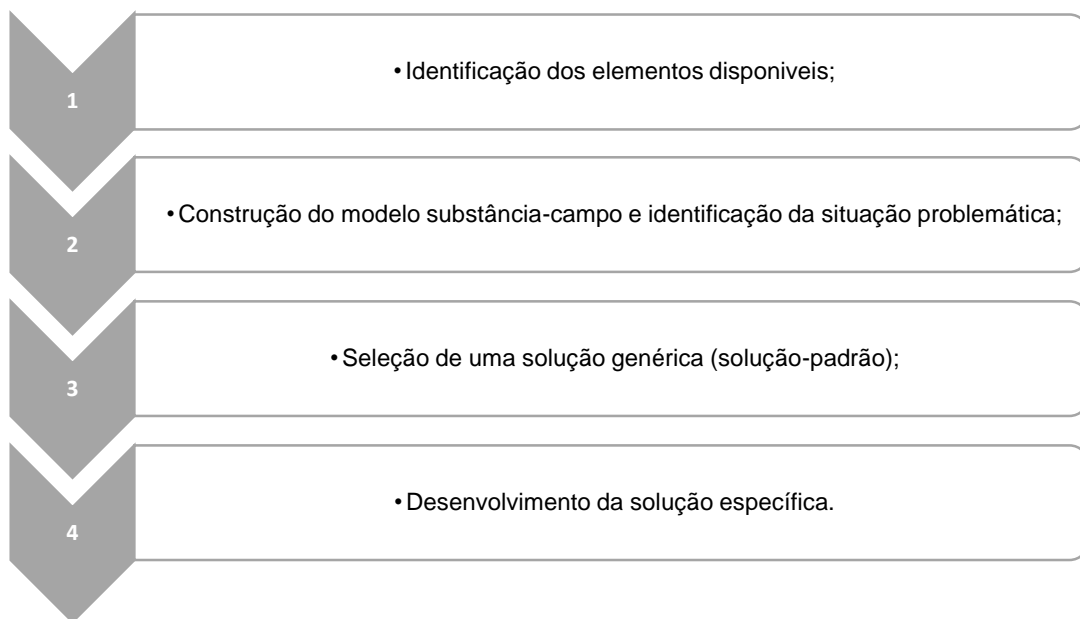


Figura 2.3 - Etapas para a aplicação da Análise Substância-Campo

A ASC torna-se uma ferramenta valiosa, devido à sua capacidade de representar um sistema graficamente, tornando-o simples, rápido e fácil de interpretar. Como é possível visualizar na Figura 2.4, o sistema Substância-Campo apresenta uma transformação inicial de uma substância “S1”, através da intervenção de uma força ou energia de um campo “C”, resultando numa outra substância “S2”, de forma a complementar o modelo Substância-Campo.

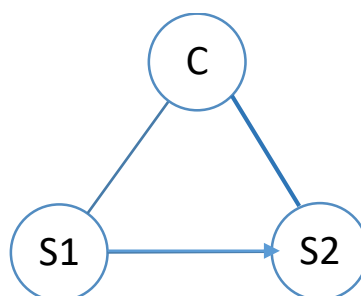


Figura 2.4 - Modelo Substância Campo de um sistema completo (Savransky, 2000)

As substâncias S1 e S2, que participam numa interação, podem ser de seguinte natureza:

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





Em geral, o “campo” C que atua sobre as “substâncias” pode ser:

- Mecânico (Me);
- Térmico (T);
- Químico (Q);
- Elétrico (E);
- Magnético (Ma).

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. 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).

De maneira a interpretar estas interações entre substâncias, a utilização de uma simbologia específica na construção dos modelos torna-se relevante, de forma a ser igualmente interpretado pelos seus utilizadores, descrita na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 - Simbologia utilizada no Modelo Análise Substância-Campo (adaptado Savransky, 2000)

Símbolos	Significado
	Ação ou efeito desejado
	Ação ou efeito desejado insuficiente
	Ação ou efeito prejudicial
	Transformação

Podem ocorrer as seguintes quatro situações problemáticas genéricas. O primeiro modelo identificado corresponde a um sistema completo, tal como apresentado na Figura 2.4.

O segundo modelo consiste num sistema incompleto. Nesta situação, o efeito desejado não ocorre, é necessário completar o sistema ou construir um novo (Navas, 2017). A Figura 2.5 ilustra um sistema incompleto, bem como a sua respetiva solução.



Figura 2.5 - Sistema incompleto, inexistência do campo "C" (adaptado de Altshuller, 2007)

O terceiro modelo corresponde a um sistema completo com efeito prejudicial. Como é possível constatar na Figura 2.6, há a existência de um efeito negativo, este necessita de ser reduzido e idealmente eliminado através da criação de um novo campo ou de uma nova substância.

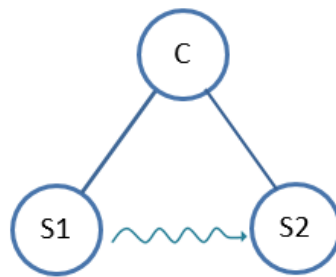


Figura 2.6 - Sistema com efeito prejudicial (adaptado de Altshuller, 2007)

Por último, o quarto modelo corresponde a um sistema completo ineficiente ou insuficiente. Com o objetivo de solucionar o referido sistema, é necessário modificar as substâncias S1 ou S2, e o campo, ou introduzir uma nova substância. O modelo descrito encontra-se na Figura 2.7.

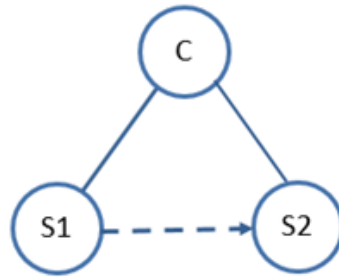


Figura 2.7 - Sistema completo insuficiente ou ineficiente (adaptado de Altshuller, 2007)

- **76 Soluções Padrão em 7 Soluções Gerais**

Existem 76 soluções padrão utilizadas como ferramenta complementar e de apoio à ASC. Estas soluções podem ser agrupadas em cinco grandes categorias, que se encontram apresentadas na Tabela 2.4.

Tabela 2.4 - Categorias das Soluções Padrão (adaptado de Altshuller, 2007)

Categoria	Número de Soluções Padrão
Melhorar o sistema sem nenhuma ou pouca alteração	13
Melhorar o sistema com alteração do sistema	23
Transições entre sistemas	6
Identificação e medição	17
Estratégias para a simplificação e melhoria	14
TOTAL	76

A condensação das 76 Soluções Padrão permite uma aplicação mais simples e rápida, ideal para utilizadores menos experientes.

As soluções padrão podem ser generalizadas em 7 Soluções Gerais, que serão descritas de seguida.

Em primeiro lugar, a solução geral 1 visa completar um sistema substância-campo que se encontre incompleto, tal situação encontra-se representada na Figura 2.8 - Solução geral 1 (adaptado de Altshuller, 2007).

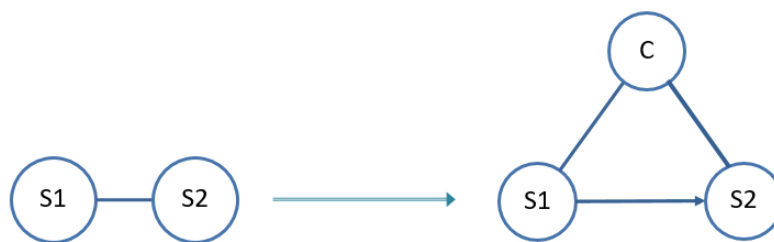


Figura 2.8 - Solução geral 1 (adaptado de Altshuller, 2007)

Por outro lado, a solução geral 2 tem como objetivo reduzir/eliminar o impacto negativo ou melhorar/produzir o impacto positivo, para tal é modificada a substância S1, tal como apresentado na Figura 2.9.

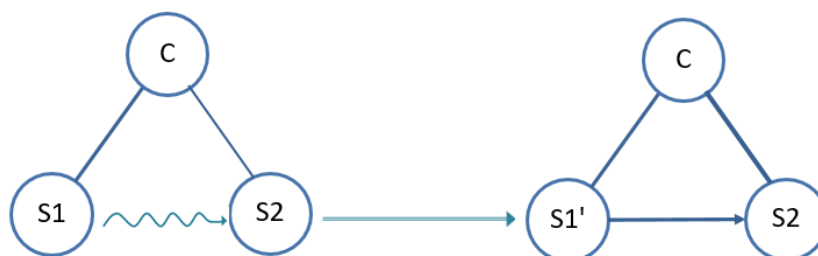


Figura 2.9 - Solução geral 2 (adaptado de Altshuller, 2007)

A solução geral 3 consiste na alteração da substância S2, de modo a reduzir/eliminar o impacto negativo ou para melhorar/produzir o impacto positivo (Navas, 2017), de acordo com a Figura 2.10 apresentada de seguida.



Figura 2.10 - Solução geral 3 (adaptado de Altshuller, 2007)

Em quarto lugar, apresenta-se a solução geral 4 que consiste na modificação do campo (C), para reduzir/eliminar o impacto negativo ou para melhorar/produzir o impacto positivo (Navas, 2017), tal como representado na Figura 2.11.



Figura 2.11 - Solução geral 4 (adaptado de Altshuller, 2007)

A solução geral 5 tem por objetivo eliminar, neutralizar ou isolar o impacto negativo, recorrendo a outro campo (C') que interaja com o sistema (Navas,2017). Esta solução encontra-se apresentada na Figura 2.12.

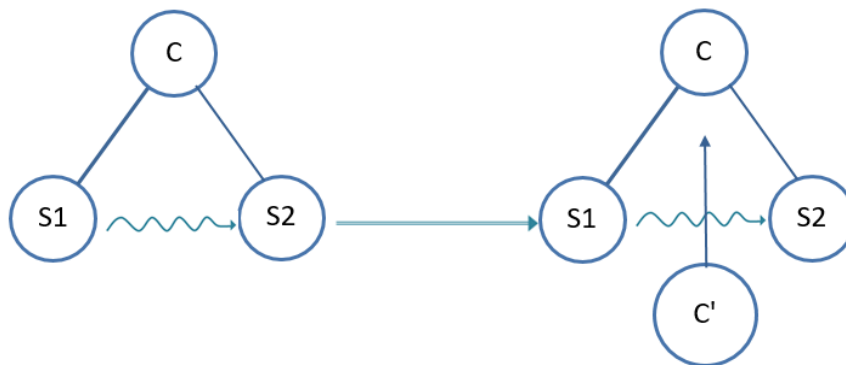


Figura 2.12 - Solução geral 5 (adaptado de Altshuller, 2007)

Em sexto lugar, a solução geral 6 consiste na introdução de um novo campo positivo (Navas,2017). A referida solução geral encontra-se representada na Figura 2.13.

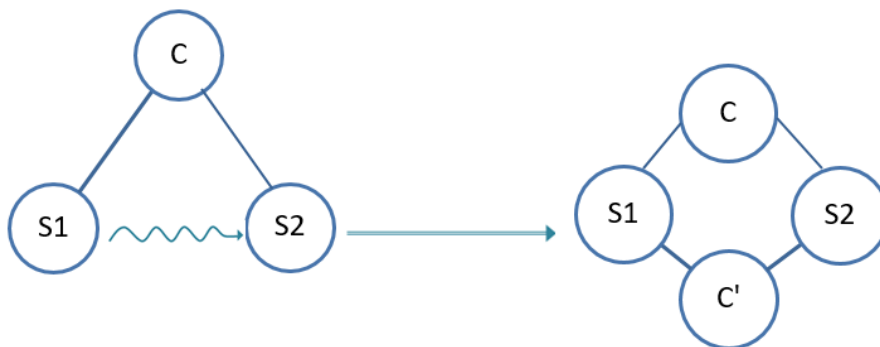


Figura 2.13 - Solução geral 6 (adaptado de Altshuller, 2007)

Por último, a solução geral 7 consiste na expansão de um modelo substância-campo existente, obtendo-se assim um novo sistema em cadeia (Navas,2017). Esta solução geral encontra-se representada na Figura 2.14.

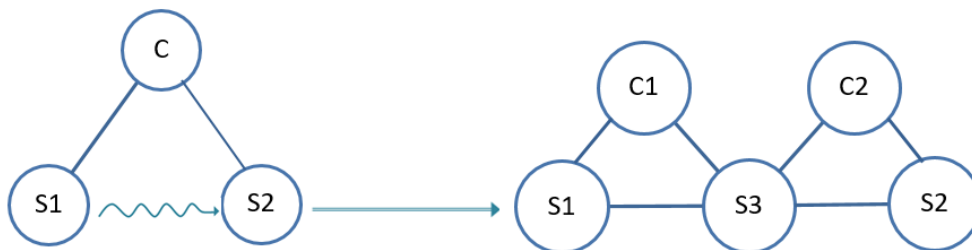


Figura 2.14 - Solução geral 7 (adaptado de Altshuller, 2007)

2.1.4.3 Algoritmo de Resolução Inventiva de Problemas (ARIZ)

A ARIZ é uma ferramenta analítica da TRIZ que dá ênfase à reformulação dos problemas com o objetivo de revelar a origem dos mesmos. É considerada uma metodologia mais apropriada para a resolução de problemas pouco habituais. O principal objetivo deste algoritmo consiste em transformar de forma lógica uma situação inicial de um problema em conceitos de solução para o mesmo. Na Figura 2.15 é possível consultar os passos mais importantes do ARIZ.

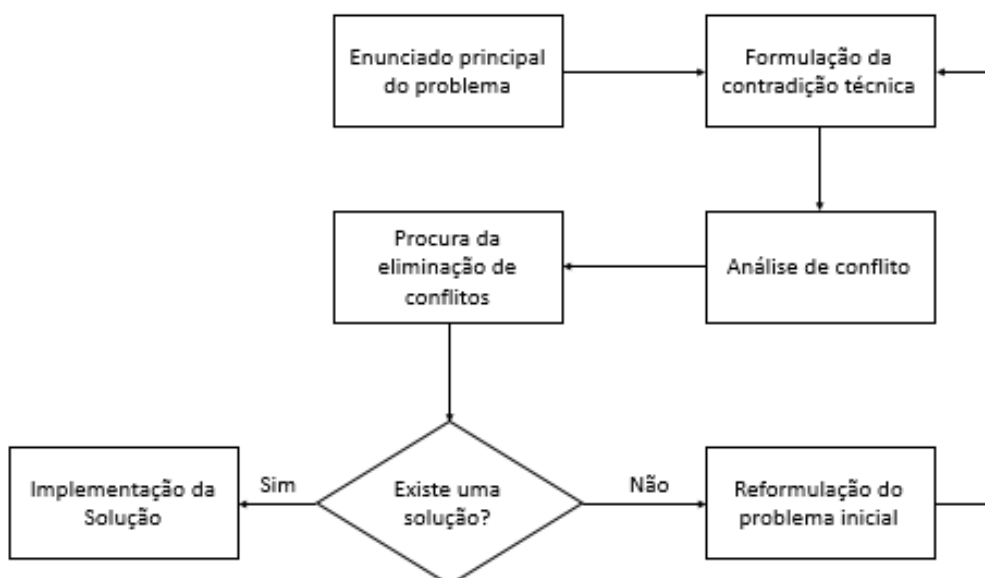


Figura 2.15 - Fluxograma simplificado da metodologia ARIZ (adaptado de Navas et al., 2015)

Ao longo do tempo Altshuller desenvolveu várias versões do ARIZ. Atualmente, a versão do ARIZ-85c é a mais utilizada, composta por 85 etapas diferentes, mas a versão mais recente do ARIZ tem cerca de 100 passos distintos.

2.1.3.4 Matriz da Idealidade

Ao contrário da Matriz das Contradições em que os parâmetros técnicos já estão pré-estabelecidos, na Matriz da Idealidade os parâmetros são definidos pelo utilizador. Esta matriz tem como objetivo identificar o tipo de interações que podem ocorrer entre os parâmetros pretendidos.

As interações podem ser:

- Negativas (Nocivas): representadas pelo sinal “-“
- Positivas (Úteis): representadas pelo sinal “+”

Em caso de inexistência de interação, a mesma não é considerada. Na Tabela 2.5 é apresentado um exemplo de uma Matriz Idealidade.

Tabela 2.5 - Exemplo de Matriz da Idealidade

Parâmetros	Parâmetro 1	Parâmetro 2	Parâmetro 3
Parâmetro 1		+	+
Parâmetro 2	-		
Parâmetro 3	-		

Posto isto, é possível calcular o nível de idealidade através da expressão 2.1:

$$Idealidade = \frac{N^{\circ} \text{ de funções úteis}}{N^{\circ} \text{ de funções nocivas}} \quad (2.1)$$

Através da expressão anterior é possível verificar que para se aumentar o nível de idealidade, é necessário aumentar o número de interações úteis e/ou diminuir o número de interações prejudiciais.

2.2 FILOSOFIA LEAN

Qualquer organização tem como objetivo tornar-se competitiva no mercado através da melhoria

continua dos seus processos e produtos. Atualmente uma das escolhas mais populares para atingir esse fim é o investimento na filosofia *Lean*.

2.2.1 Origem e Princípios *Lean*

A filosofia *Lean* teve origem no Japão, nos finais dos anos quarenta do século XX. A Segunda Guerra Mundial deixou o Japão fragilizado economicamente, como tal a empresa japonesa *Toyota* decidiu adaptar o sistema de produção automóvel num fluxo contínuo e programar as linhas capazes de produzir consoante o pedido do cliente (Meyers et al., 2002).

Este sistema, também designado por *Toyota Production System (TPS)*, foi desenvolvido com o objetivo de eliminar o desperdício, produzindo apenas o que é pedido pelo cliente (sistema *Pull*). A Produção *Lean* surge assim, em contraste com os sistemas de produção mais utilizados na altura, focados na produção em massa e com uma flexibilidade mínima permitida ao cliente final (Womack e Jones, 2003).

A Produção *Lean* é definida por fazer “emagrecer” todas as características da produção em massa, ou seja, diminuindo o tempo do ciclo produtivo, reduzindo o espaço fabril bem como o *stock*, e reduzir o número de defeitos.

Assim, o conceito *Lean* evolui para uma filosofia de pensamento, o Pensamento *Lean*, que procura pela eliminação de desperdício e persegue a melhoria contínua dentro da organização. Pensamento *Lean* é aplicável a todos os elos de uma cadeia de abastecimento, serviços e outros (Womack e Jones, 2003).

A Produção *Lean* tem por base cinco princípios que foram desenvolvidos por Womack e Jones (2003) como apresentado na Figura 2.16.

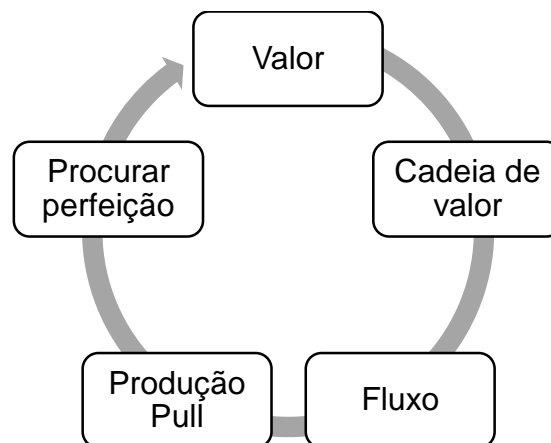


Figura 2.16 - Princípios do Lean (adaptado de Womack e Jones, 2003)

- A. **Valor** – Especificação, de forma precisa, do valor de um determinado produto que o cliente realmente deseja. Devem ser identificadas as características e funcionalidades dos produtos que satisfazem as necessidades e expectativas dos clientes – requisitos de qualidade, quantidade, tempo e serviço (Womack e Jones, 2003).

- B. **Cadeia de Valor** – Identificação e análise do fluxo de valor para cada produto. 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).

- C. **Fluxo** – Estabelecimento de um fluxo contínuo de valor. Após estar identificada a cadeia de valor e os seus desperdícios, a organização deve criar um fluxo contínuo, o qual é caracterizado pela capacidade de produzir somente que é necessário para o momento. (Womack e Jones, 2003). 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.

- D. **Pull (puxar)** – Produzir apenas o que o cliente pretende, implementando o sistema *Pull*. Este sistema permite que sejam os clientes a “puxar” 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 (Womack e Jones, 2003).

- E. **Perfeição** – Consiste em uma vez aplicados todos os princípios anteriormente descritos, manter a procura pela perfeição através da melhoria contínua e da inovação de tecnologias e produtos (Womack e Jones, 2003).

Pinto (2009) defende que estes cinco princípios apresentam algumas lacunas, tendo proposto a adoção de mais dois princípios:

- F. **Conhecer os *stakeholders*** – Por vezes o sucesso das empresas não está só na satisfação do cliente. Devem conhecer-se pormenorizadamente todas as partes interessadas do negócio, tais como os *stakeholders*, futuros clientes, funcionários, entre outros.

- G. **Inovar constantemente** – As organizações não devem ignorar uma atividade fundamental como criar valor através da inovação, ao entrar nos intermináveis ciclos de redução de desperdícios.

2.2.2 Desperdícios

Muda, palavra Japonesa, que expressa lixo ou, o termo mais utilizado, desperdício. Para compreensão deste conceito, Suzaki (1987) identifica os sete tipos de mudas:

1. **Defeitos** – No momento em que ocorre um tipo de defeito num posto, existem desperdícios de espera nos postos dos operários seguintes. Para reduzir este tipo de desperdício, que aumenta os custos do produto e *lead time* da produção, é necessário um método de identificação dos defeitos e da sua natureza.
2. **Tempo de espera** – Este é considerado um tipo de desperdício fácil de encontrar. Corresponde ao período de tempo em que os recursos não estão disponíveis quando necessários, podendo estes ser materiais, colaboradores ou informação.
3. **Stocks** – Inventário de recursos materiais em excesso, ou seja, quando não são necessários por parte do cliente ou processo. São vários os problemas encobertos na tentativa de reduzir o nível de *stock*, como a ocorrência de avarias, fraca organização e arrumação, longos *setups* e transportes, entre outros (Suzaki, 2010).
4. **Transportes desnecessários** – Deslocações dos operadores que não acrescentam valor, transporte desnecessário de material ou duplo manuseamento por parte dos operadores no espaço fabril. Para eliminar este desperdício devem ser feitas melhorias no *layout*, nos métodos de transporte, na arrumação e na organização dos locais de trabalho
5. **Sobreprodução** – Considerado pela *Toyota* um dos maiores desperdícios possíveis de acontecer, sendo que este ocorre quando a produção é superior à procura do mercado. Consumo desnecessário de matérias-primas, ocupação do armazém com *stocks* elevados, utilização de meios de transporte e de mais mão-de-obra são as consequências de uma produção excessiva.
6. **Movimentos desnecessários** – Resultado de movimentos de pessoas que não acrescentam valor ao produto. Este desperdício é o resultado de layouts desapropriados e de falta de organização de trabalho entre outros.
7. **Sobreprocessamento** – No momento em que não são preenchidos os requisitos adequados por parte dos clientes ou falha na comunicação relativamente às instruções de trabalho, está-se perante um sobreprocessamento.

Na bibliografia mais recente sobre o tema, são identificadas outras categorias de desperdício, das quais se salienta, uma em particular:

- 8. Desperdício do Potencial Humano** – Segundo Ohno (1988), um dos objetivos do *Sistema de Produção Toyota* é “criar pessoas pensantes” pois estas são o seu principal recurso. São os operadores que trabalham diariamente com os equipamentos, tendo uma percepção diferente dos problemas e dificuldades dos equipamentos, por exemplo. Apenas consultando e envolvendo as pessoas nos processos de melhoria é possível melhorar a eficácia e eficiência da empresa.

2.2.3 Ferramentas analíticas do *Lean*

A filosofia *Lean* proporciona diversas ferramentas analíticas e técnicas que visam a eliminação ou redução dos desperdícios. No anexo A apresenta-se uma tabela resumo de algumas ferramentas e a sua respetiva descrição.

De seguida, serão descritas em mais detalhe seis das doze ferramentas em anexo, sendo estas as ferramentas analíticas utilizadas no presente estudo.

2.2.3.1 Ferramenta 5S

A ferramenta analítica 5S provém do acrónimo constituído pelos termos japoneses *Seiri* (organização), *Seiton* (arrumação), *Seiso* (limpeza), *Seiketsu* (padronização) e *Shitsuke* (disciplina). Esta ferramenta analítica procura a sistematização de atividades de arrumação, limpeza, organização e padronização de processos, visando um manter um ambiente de trabalho que proporcione uma maior produtividade (Oakland, 2014). Os cinco sentidos encontram-se apresentados detalhadamente nos pontos que se seguem:

- 1. *Seiri*** - Senso de seleção, separação e arrumação:

Consiste na identificação, diferenciação e separação dos objetos necessários dos não necessários, na zona de trabalho. É realizada uma triagem dos objetos, tendo em conta a frequência de utilização e a sua importância. Com este processo reduz-se o espaço ocupado, bem como acidentes de trabalho. Nesta etapa também é possível alterar o layout do posto de trabalho oferecendo assim, um local de trabalho mais adequado.

- 2. *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. Deverão ser também utilizadas etiquetas para identificar os objetos e os seus respetivos locais de arrumação. Desta maneira, é possível encontrar de forma rápida os objetos, gerando um ambiente de trabalho mais organizado, contribuindo para a motivação e produtividade dos operadores.

3. Seiso - Senso de limpeza:

Consiste na limpeza de todo o posto de trabalho, bem como as ferramentas utilizadas. Como tal, são definidas regras de limpeza, onde são especificadas as áreas a ser limpas, o procedimento bem como a 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 e manter os equipamentos em bom estado. Por exemplo, se a bancada do posto de trabalho estiver limpa, será mais fácil identificar se existe uma fuga de óleo nalguma ferramenta. Este ambiente proporciona não só segurança aos colaboradores, mas também aos clientes.

4. 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.

5. Shitsuke - Senso de disciplina:

Este senso pretende verificar e assegurar que as regras e procedimentos definidos nos sentidos anteriores se mantêm, mas também é necessário encontrar possíveis melhorias nos mesmos. Este é, provavelmente, o senso mais difícil de implementar devido à resistência à mudança que normalmente ocorre nas organizações.

Segundo Falkowski e Kitowski (2003), a manutenção de um espaço de trabalho limpo e organizado conduz a diversos benefícios, entre eles:

- a) Redução de desperdícios no local de trabalho;
- b) Melhoria da qualidade dos produtos;
- c) Redução de desperdício de tempo na procura de ferramentas;
- d) Aumento de conforto;
- e) Aumento de segurança.

2.2.3.2 Gestão visual

A gestão visual é uma ferramenta analítica que em tempo real traduz o estado em que se encontra o sistema (Pinto, 2009). Com foco em facilitar a comunicação visual de informação no decurso dos processos, regras de trabalho, manutenção e movimentações, é fortemente sugerida a difusão para todos os processos ou atividades dentro do ambiente de trabalho (Hall, 1987). Muitas empresas recorrem à gestão visual para tornar os processos mais simples, menos dependentes de sistemas informáticos e de procedimentos formais (Pinto, 2009).

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

- Divulgar informação de forma clara e simples, para que todos os intervenientes no processo a possam entender;
- Facilitar a comunicação entre chefias e operários;
- Permitir a existência de maior autonomia dos operários, no sentido de responsabilizá-los pela tomada de decisões;
- 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 contrário, 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 (1988) é possível classificar as diversas formas de controlo, como representado na tabela 2.6.

Tabela 2.6 - Tipo de controlo visual a aplicar (adaptado de Ohno, 1988)

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

2.2.3.3 Kanban

A palavra “Kanban” é de origem Japonesa e significa “cartão”. O sistema Kanban é uma das técnicas do *Lean* que permite controlar a informação, os *stocks* e a produção em todos os processos para cada produto do sistema produtivo “pull”. Assim, o principal objetivo do sistema Kanban é o de produzir apenas o que é necessário, quando for necessário, reduzindo a sobreprodução (Junior, 2010).

Com o sistema Kanban, a linha de montagem recebe o programa de produção e, à medida que ela vai consumindo as peças necessárias, vai autorizando aos centros de trabalho antecedentes o fabrico de um novo lote de peças. Esta autorização para o fabrico de novas peças é realizada através do cartão Kanban.

Com a introdução de novas tecnologias, existe o Kanban eletrónico, designado por *eKanban*. Este sistema elimina o circuito dos cartões, permitindo eliminar muitos dos erros manuais, uma vez que o sinal passa de um código de barras para um pedido eletrónico.

A implementação dum sistema *Kanban* pode trazer inúmeras vantagens para a empresa, nomeadamente a redução dos níveis de stocks, aumento da qualidade do produto, prevenção da sobreprodução com o controlo dos *stocks* e melhoria da ligação entre os processos produtivos. O *Kanban* é uma ferramenta caracterizada pela sua componente visual, baixo custo de implementação e simplicidade de utilização, o que permite aumentar o índice motivacional dos operadores através do seu envolvimento e responsabilização pelas operações de produção (Arvinte et al., 2010).

2.2.3.4 Supermercado de produção

O conceito de Supermercado foi implementado por Taiichi Ohno na Toyota em 1953. O Supermercado consiste numa área reservada à alocação de componentes ou produtos (em vias de fabrico ou acabados) que constituem o elo de ligação entre as diversas fases do processo produtivo ou entre estas e o armazém. Este conceito permite aumentar a capacidade de resposta do sistema de produção (Coimbra, 2009).

Um dos objetivos do *Lean* é a criação dum fluxo contínuo em todo o processo produtivo. Desta forma, o objetivo passa por aproximar ao máximo todas as fases do processo produtivo entre si, de forma que o produto possa seguir diretamente duma fase para outra. De seguida, apresentam-se algumas razões pelas quais se deve formar um supermercado, segundo (Rother e Shook., 2003):

- Garantir capacidade de absorção face à variabilidade das necessidades dos clientes e entregas dos fornecedores;
- Elevada distância entre as fases do processo produtivo;
- Elevado número de referências de componentes ou produtos produzidos;
- Impossibilidade de sincronizar a frequência de consumo do cliente com a frequência de reposição desse consumo pelos processos a montante.

Para se definir a capacidade do supermercado, é necessário ter em conta o tamanho relativo ao lote de produção, o tamanho do lote de transporte (caso o supermercado se situe entre a linha de produção e o armazém) e o tempo necessário para o reabastecimento da linha de produção ou supermercado. O sinal e a informação necessária para o reabastecimento do supermercado é fornecido pelo sistema de *Kanban*.

2.2.3.5 Normalização do trabalho

A normalização do trabalho consiste em identificar e estabelecer procedimentos para cada operador, de forma, a diferenciá-lo do trabalho focado nos movimentos do operador, das instruções de trabalho ou outras formas tradicionais de padronização. Desta maneira, é possível garantir que as tarefas são realizadas da melhor forma por parte dos operadores, uma vez que, reduz-se a variabilidade dos

processos e permite-se que o conhecimento não seja individualizado, estando acessível a todos dentro da organização (Pinto, 2008). 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, 2009)

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 e Bowen, 1999).

2.2.3.6 Modelo Shingo

Dos conceitos do *Toyota Production System* e do pensamento *Lean* surgiu o Modelo *Shingo*. O Modelo *Shingo* tem como objetivo a transformação cultural através da integração dos princípios de excelência operacionais em toda a organização assim como na sua cadeia de valor para criar uma visão completa e sistêmica, conseguindo assim resultados consistentes. Este modelo tem duas componentes, uma comportamental e uma de performance, isto é, quando se identificam medidas para atingir objetivos, identifica-se também os comportamentos esperados para se completar esses objetivos (Shingo Institute, 2014).

Este modelo conta com quatro dimensões: facilitadores culturais, processos de melhoria contínua, alinhamento da organização e resultados, tal como identificados na figura 2.17. Cada uma destas dimensões é dividida em princípios orientadores, e consecutivamente em conceitos de suporte (Shingo Institute, 2014).



Figura 2.17 - Dimensões do modelo de Shingo (adaptado de Shingo Institute, 2014)

- **Dimensão 1 – Facilitadores culturais**

A primeira dimensão ajuda a compreender e construir uma cultura de excelência operacional, pois esta não é alcançada somente com a implementação das ferramentas analíticas e diretrizes, é necessário o empenho de todos os colaboradores, pois uma cultura de excelência tem como característica principal a transversalidade (Shingo Institute, 2014).

Existem dois princípios fundamentais nesta dimensão:

- Respeito por cada indivíduo - é necessária a existência de um ambiente que incite ao comportamento ideal dos colaboradores, que haja respeito entre os mesmos, mas também para com os clientes, fornecedores, *stakeholders*, entre outros.
- Liderança baseada na humildade – A humildade é um princípio que antecipa a aprendizagem e a melhoria. Um líder tem que saber ouvir. Tem que pedir e aceitar ajuda, pois é necessária humildade para aceitar ideias e respostas melhores que as do próprio. Tendo isto como prática comum cria-se um ambiente onde os colaboradores se sentem respeitados, estimulados e capazes de partilhar as suas ideias e inovações. Não esquecer, mais uma vez que, para além da humildade ser aplicada aos líderes, também é preciso ser praticada por todos os membros da organização.

Para alcançar estes princípios é necessário garantir um lugar seguro e saudável para os colaboradores. É necessário apostar no desenvolvimento de todos os colaboradores e por fim, é necessário haver um fluxo de informação transversal a níveis hierárquicos.

• **Dimensão 2 – Processos de melhoria contínua**

A Dimensão 2 baseia-se fundamentalmente na melhoria contínua dos processos envolvidos na organização. A melhoria contínua é a base do Modelo *Shingo* pois segundo os ensinamentos de Shigeo Shingo a mesma é o principal elemento para a excelência operacional.

De maneira a existir melhoria contínua é essencial clarificar o valor ditado pelos clientes e posteriormente definir este valor e as suas expectativas, relativamente ao serviço (Shingo Institute, 2014).

A Dimensão 2 está sobre a Dimensão 1 para atender uma necessidade estratégica de que a melhoria contínua requer: a cultura de excelência operacional implementada. As pessoas precisam estar formadas e envolvidas para que o valor para o cliente seja gerado de forma eficaz e rentável para empresa (Shingo Insitute, 2014).

• **Dimensão 3 – Alinhamento da empresa**

De maneira a terem sucesso, as organizações necessitam de desenvolver sistemas de gestão com o objetivo de alinhar o trabalho desenvolvido pelos seus colaboradores e os seus respetivos comportamentos, com os princípios que a empresa deseja alcançar (Shingo Institute, 2014).

As diretrizes estratégicas que guiam todo o negócio precisam ser desdobradas ao longo de todos os fluxos de valor da companhia e precisa atingir de forma clara e eficaz todos os colaboradores da empresa. Os sistemas de gestão devem ser simples, compreensíveis e standardizados.

- **Dimensão 4 – Resultados**

Por fim, a quarta dimensão está focada nos resultados. Todos os líderes, de qualquer organização, têm um objetivo em comum: obter resultados (Shingo Institute, 2014). Outra preocupação fundamental consiste em garantir o fluxo de valor não apenas para o cliente, mas para todas as partes interessadas do negócio.

Para se garantir a criação de valor para o cliente é necessário mensurar apenas o que é importante, ou seja, o desenvolvimento de um modelo que defina as medidas de planeamento, organização e controlo. O comportamento de todos os colaboradores deve estar focado para a melhoria contínua. A gestão necessita de criar procedimentos de modo a ajudar os colaboradores a identificarem os seus valores pessoais com os de excelência operacional. Por último, é necessário identificar as relações causas e efeito, de maneira entender-se como eventos pontuais impactam os resultados da organização.

2.3 ESTUDO DO TRABALHO

Visando a melhoria de processos produtivos, é essencial explorar ferramentas analíticas de estudo do trabalho de modo a tornar as organizações mais eficientes (Meyers et al., 2002). O estudo do trabalho permite desenvolver uma combinação ótima entre todas as variáveis envolvidas num processo, aumentando a sua produtividade sem que tal incorra em novos investimentos (ILO, 1984). No âmbito desta disciplina podem ser consideradas duas áreas – o estudo dos métodos e o estudo dos tempos, esta última será de seguida apresentada em detalhe.

2.3.1 Estudo dos tempos

O estudo dos tempos, cujo principal objetivo é estimar com precisão o tempo padrão para que um operador qualificado devidamente treinado e experiente execute uma determinada tarefa trabalhando a um ritmo considerado normal (Aft, 2000). Para além da determinação do tempo padrão, o estudo dos tempos possui também outros objetivos que se revelam muito importantes no presente trabalho, sendo os que se mais destacaram os seguintes:

1. Planeamento e programação do trabalho nas linhas de montagem;
2. Melhoria dos métodos de trabalho;
3. Equilíbrio das linhas de montagem, através da determinação do número de máquinas que um trabalhador pode operar e do número de operadores necessários ao funcionamento de um processo produtivo.

Para que seja possível calcular o Tempo Padrão (TP) é necessário calcular o Tempo Médio Observado (TMO) e de seguida o Tempo Normal (TN). Uma vez que para o entendimento da temática do estudo do trabalho é fundamental a compreensão destes conceitos, os mesmos serão explicados em detalhe nos pontos seguintes.

• **Tempo Médio observado**

O tempo médio observado de um elemento de atividade é o resultado da média aritmética dos tempos recolhidos durante o processo de cronometragem, estes tempos designam-se de Tempos Observados (TO). O tempo médio observado é calculado com recurso à expressão 2.2.

$$TMO = \frac{\sum_{i=1}^n Xi}{n} \quad (2.2)$$

Onde:

TMO – Tempo médio observado

xi – i-ésima medição

n – Dimensão da amostra (número de observações realizadas)

Para a determinação do tempo observado de um elemento de atividade, antes da recolha de tempos é necessário dividir as atividades em elementos. Para tal, é imprescindível cumprir um conjunto de regras aquando esta divisão, Aft (2000) refere que:

- i. Os elementos devem ser curtos quanto o compatível com uma medida precisa;

- ii. O tempo de manuseamento dos componentes (tempo homem) deve ser distinguido do tempo de funcionamento dos equipamentos (tempo máquina);
- iii. Os elementos cíclicos devem ser separados dos elementos não cíclicos;
- iv. O início e fim dos elementos de atividade devem ser facilmente identificados;
- v. Não podem existir descontinuidades nos elementos, na medida em que o final de um elemento deve corresponder ao início do elemento sucessivo;
- vi. A frequência de cada elemento não cíclico deve constar na descrição do mesmo.

Feita a divisão dos elementos de atividade, estes podem ser distinguidos em seis grupos que se apresentam de seguida de acordo com Aft (2000):

1. Elemento repetitivo ou cíclico – Um elemento repetitivo é um elemento que se encontra em cada ciclo de trabalho.
2. Elemento ocasional ou não cíclico – Um elemento não cíclico é o que não se encontra em cada ciclo de trabalho, mas que pode intervir a intervalos regulares ou irregulares. Apesar de não ocorrer em todos os ciclos de trabalho, este tipo de atividade representa trabalho útil e faz parte integrante da tarefa.
3. Elemento “homem” ou manual – Um elemento “homem” é realizado por um operador, este tempo depende exclusivamente do trabalhador;
4. Elemento “máquina” – Um elemento “máquina” é realizado automaticamente por uma máquina movida a motor ou um processo físico-químico. Neste caso, o tempo de operação do elemento da máquina depende exclusivamente das características do equipamento;
5. Elemento preponderante – Um elemento preponderante é aquele que dura mais tempo num ciclo de trabalho;
6. Elemento estranho – Um elemento estranho é um elemento observado durante o estudo, mas que ao ser analisado revela ser uma parte dispensável do trabalho.

Relativamente à técnica utilizada para efetuar a cronometragem, é possível escolher-se entre dois métodos principais:

1. Cronometragem cumulativa - cronometrar continuamente vários ciclos de trabalho, os tempos dos diversos elementos são obtidos por subtrações sucessivas;
2. Cronometragem com retorno ao zero.

As medições efetuadas são necessariamente afetadas pelo erro associado ao cronómetro utilizado e pelo erro relacionado com o manuseamento do mesmo por parte do analista. Este erro não pode ser eliminado, no entanto pode ser reduzido através do aumento do tamanho da amostra.

A determinação da dimensão da amostra recolhida pode ser efetuada recorrendo a ferramentas estatísticas (Buffa, 1972). Deve-se realçar que, para dimensões de amostras inferiores a trinta unidades, deve ser utilizada a distribuição de t de Student bicaudal (Niebel et al, 2003). O número de observações a realizar é dado pela expressão 2.3. Se o valor obtido for inferior ou igual ao número de observações

realizadas, não existe necessidade de realizar mais observações, estamos perante um número ideal de observações. Caso contrário, o analista deve realizar mais medições.

$$N = \left(\frac{t_{\alpha;n-1} * \sigma}{\alpha * TMO} \right)^2 \quad (2.3)$$

Onde:

N – Número de medições a realizar

$t_{\alpha;n-1}$ – Distribuição *t de Student*

n-1 – Graus de Liberdade (GDL)

σ – Desvio Padrão da População

α – Nível de significância

TMO – Tempo médio observado

• **Tempo Normal**

O tempo normal de um elemento é determinado através da multiplicação do tempo médio observado pelo fator de atividade atribuído ao operador observado, tal como ilustrado na equação 2.4. (Niebel et al, 2003).

$$TN = TMO * FA \quad (2.4)$$

Onde:

TN - Tempo normal

TMO – Tempo médio observado

FA – Fator de atividade

No caso dos elementos de atividade “máquina”, o tempo normal é igual ao tempo médio observado, uma vez que não são atribuídos fatores de atividade aos equipamentos.

A atribuição de um fator de atividade trata-se de uma etapa sensível e requer bastante experiência por parte do analista. Este fator permite relacionar o ritmo de trabalho do operador observado com a de um trabalhador qualificado, durante um dia de trabalho ou turno.

É necessário destacar que existem diversos fatores que afetam a produtividade e a qualidade do processo produtivo e sobre os quais o executante não consegue controlar (Buffa, 1972), sendo alguns deles:

- Variações de qualidade e de outras características da matéria utilizada, mesmo dentro dos limites de tolerância;
- Modificações que intervêm na eficácia das ferramentas e do material durante a sua vida útil;
- Mudanças de pouca importância e inevitáveis introduzidas nos métodos ou nas condições em que se efetua a operação;
- Modificações provenientes de certas condições ambientais.

Por definição, o fator de atividade atribuído a um operador considerado normal é 100%. Os valores inferiores dizem respeito a operadores lentos e os valores superiores são atribuídos a operadores rápidos (Meyers et al, 2002). Na Tabela 2.7, encontram-se ilustrados os valores típicos considerados relativamente ao fator de atividade. Como prática normal consideram-se múltiplos de 5.

Tabela 2.7 - Fatores de atividade (adaptado de Meyers et al, 2002)

Velocidade de execução	Fator de atividade (%)
Muito lenta. Movimentos inábeis e hesitantes. Executante entorpecido e sem interesse pela tarefa	50
Compassada, sem pressa, como a de um trabalhador não remunerado à peça, e sob vigilância apropriada. Parece lenta, mas sem qualquer desperdício propositado de tempo	75
Gestos vivos e precisos de um trabalhador qualificado médio, remunerado à peça. A qualidade e a precisão são atingidas sem dificuldade	100
Muito rápido, demonstrando segurança, destreza e coordenação de movimentos muito superior à de um trabalhador médio experiente	125
Excepcionalmente rápido. A atividade atinge um esforço e concentração intensos, não podendo provavelmente ser mantida durante muito tempo.	150

• **Tempo Padrão**

Uma vez determinado o tempo normal, é necessário ter em consideração que não é possível um operador trabalhar o dia inteiro sem nenhuma interrupção, tanto por necessidades pessoais, como por motivos alheios à sua vontade. Como tal, o tempo padrão é o tempo necessário para um trabalhador qualificado trabalhando num ritmo normal e sujeito a demoras e a fadigas normais, executar uma quantidade definida de trabalho, seguindo um método preestabelecido (Tardin, et al., 2013).

O tempo padrão é calculado multiplicando-se o tempo normal por um complemento de tolerância. O cálculo é feito com recurso à equação 2.5

$$TP = TN \times (1 + CT) \quad (2.5)$$

Onde:

TP – Tempo Padrão

TN – Tempo Normal

CT– Complemento de Tolerância (%)

São considerados três grupos de complementos: *PF&D* (*Personal, Fatigue, Delays*), ou seja, complementos pessoais, para recuperação da fadiga e para atrasos inevitáveis.

1. Necessidades Pessoais (Complementos tipo P) – Estes complementos devem contemplar o tempo consumido nas atividades pessoais do trabalhador durante o horário normal de trabalho;
2. Recuperação da fadiga (Complemento tipo F) – Estes complementos devem permitir a recuperação dos efeitos fisiológicos, psicológicos e psicossomáticos da fadiga;
3. Atrasos inevitáveis (Complementos tipo D) – Este tipo de tolerância é aplicado em situações sobre as quais o operador não tem domínio, dentro das quais as mais usuais são as esperas por trabalho. As esperas podem ter vários motivos, sendo possível citar os mais comuns: preparação e limpeza do posto de trabalho; mudanças e ajustamentos de ferramentas, bem como manutenção de equipamentos e, por fim, movimentação de produtos.

3. CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

Neste terceiro capítulo apresenta-se e caracteriza-se o objeto de análise do presente trabalho: o processo de montagem de unidades de tratamento de ar. Será realizada uma breve apresentação acerca da organização, posteriormente é descrito e caracterizado todo o processo e por fim, é apresentada em detalhe a metodologia utilizada para a realização do presente trabalho.

3.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA E DO CASO DE ESTUDO

A empresa Sandometal- Metalomecânica e ar Condicionado, SA., foi fundada em 1979 pelos atuais acionistas, e atualmente, é composta por duas unidades de produção, localizadas, nomeadamente, em Alverca do Ribatejo e Povos, ambas no concelho de Vila Franca de Xira. A unidade de Povos dedica-se à montagem de unidades de ventilação e de tratamento de ar. O presente caso de estudo foi realizado nas instalações de Povos e tem como foco o processo de montagem de unidades de tratamento de ar.

O objeto de estudo do presente trabalho é o processo de montagem de unidades de tratamento de ar. A unidade de tratamento de ar (UTA), representada na Figura 3.1, é especialmente concebida para responder às necessidades de climatização e renovação do ar interior em edifícios. Esta, aliada a equipamentos de regulação e controlo adequados, tornam-se sistemas eficazes tanto em aquecimento como em arrefecimento e em tratamento de ar, contribuindo para a qualidade do ar interior, conforto térmico e eficiência energética das instalações em que se inserem.



Figura 3.1- Unidade de tratamento de ar modelo eSDM

A empresa fabrica diversos modelos de máquinas e estes diferem entre si pela largura e profundidade. É possível consultar todos os modelos existentes, bem como as respetivas medidas no anexo B.

Através da análise dos anexos C e D, é possível concluir, que modelos iguais podem não ter o mesmo número de módulos e, por consequente, de componentes. Como tal, estamos perante um tipo de produção customizada “pull”.

O estudo incidiu no modelo de máquina eSDM 3/5, no entanto, havendo uma diversidade significativa de modelos de máquina, após análise, decidiu-se analisar a montagem da máquina que se encontra ilustrada no anexo E pois, esta durante o período de estudo foi a máquina mais produzida do modelo eSDM 3/5.

Na empresa estão em funcionamento seis linhas de montagem. Habitualmente estão alocados dois trabalhadores por linha, mas, caso exista necessidade de se proceder a cortes de painéis e/ou perfis, alguns desses trabalhadores são transferidos para a secção de corte. Cada linha de montagem, bem como os operadores lá alocados, está apta para a montagem de qualquer modelo de unidades de tratamento de ar.

A empresa não possui nenhum procedimento de montagem. Apenas se sabe que o primeiro passo será a montagem da estrutura da máquina, a partir daí qualquer componente pode ser montado, desde que se encontre pronto para o efeito. Em último lugar são montadas as portas, uma vez que com elas já colocadas seria impossível inserir certos componentes.

Para a análise do sistema atual foram seguidos os seguintes pressupostos:

1. Não são contabilizados os tempos de montagem dos circuitos elétricos, sendo esta uma restrição imposta pela empresa;
2. Não são contabilizados os tempos de deslocação, devido à variação da localização dos módulos;
3. Todos os operadores trabalham 8 horas diárias.

3.2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO GERAL

O processo produtivo na Unidade de Povos, inicia-se com a receção de matérias-primas. Estas são descarregadas com auxílio de empilhadores, 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 máquina que terá que ser produzida, é realizada a separação dos materiais, bem como o corte de perfil e painéis. É depois feita a montagem, recorrendo a determinadas ferramentas que se encontram nas linhas de montagem. O processo de montagem da UTA encontra-se apresentado no anexo G. É necessário referir que, para facilitar a organização do fluxograma dividiu-se o processo de fabrico da máquina por secções. No entanto, tal como mencionado

anteriormente, as peças referentes a estas secções tanto podem ser montadas todas de uma vez como apenas podem ser montadas algumas delas.

Após a montagem, os produtos são transportados para a zona de expedição. Nesta zona, são colocados os rótulos nas máquinas, acondicionadas devidamente com plástico, e em seguida feita a expedição, onde são transportados por camiões. No anexo G é apresentado o fluxograma que representa as atividades acima referidas.

3.3 METODOLOGIA DE ESTUDO

A elaboração do estudo presumiu o seguimento de uma metodologia bem definida, que auxiliou no desenvolvimento do presente projeto desde a sua fase inicial até à conclusão. A metodologia de estudo foi elaborada numa ótica de melhoria contínua e visa o cumprimento do objetivo primordial deste trabalho, ou seja, o aumento da eficiência do processo de montagem de unidades de tratamento de ar.

Na metodologia de estudo seguida, consideram-se cinco etapas distintas. A primeira etapa consistiu no estudo de todo o processo produtivo, de modo a compreender detalhadamente todo o encadeamento das atividades inerentes, bem como métodos de trabalho.

Posteriormente, a segunda etapa, consistiu na identificação de propostas de melhoria recorrendo-se a técnicas de estudo de trabalho, nomeadamente, o estudo dos tempos e observação direta do processo de fabrico.

A terceira etapa compreendeu a definição de propostas de melhoria. Estas foram desenvolvidas com o auxílio de metodologias *Lean* e TRIZ. Na etapa seguinte, foram discutidos os resultados obtidos através da aplicação das propostas de melhoria formuladas.

Por fim, foram formuladas as conclusões finais do presente estudo, foram também apresentadas as limitações do estudo e propostas de trabalhos futuros. Todas as etapas de estudo referidas anteriormente encontram-se apresentadas na Figura 3.2.

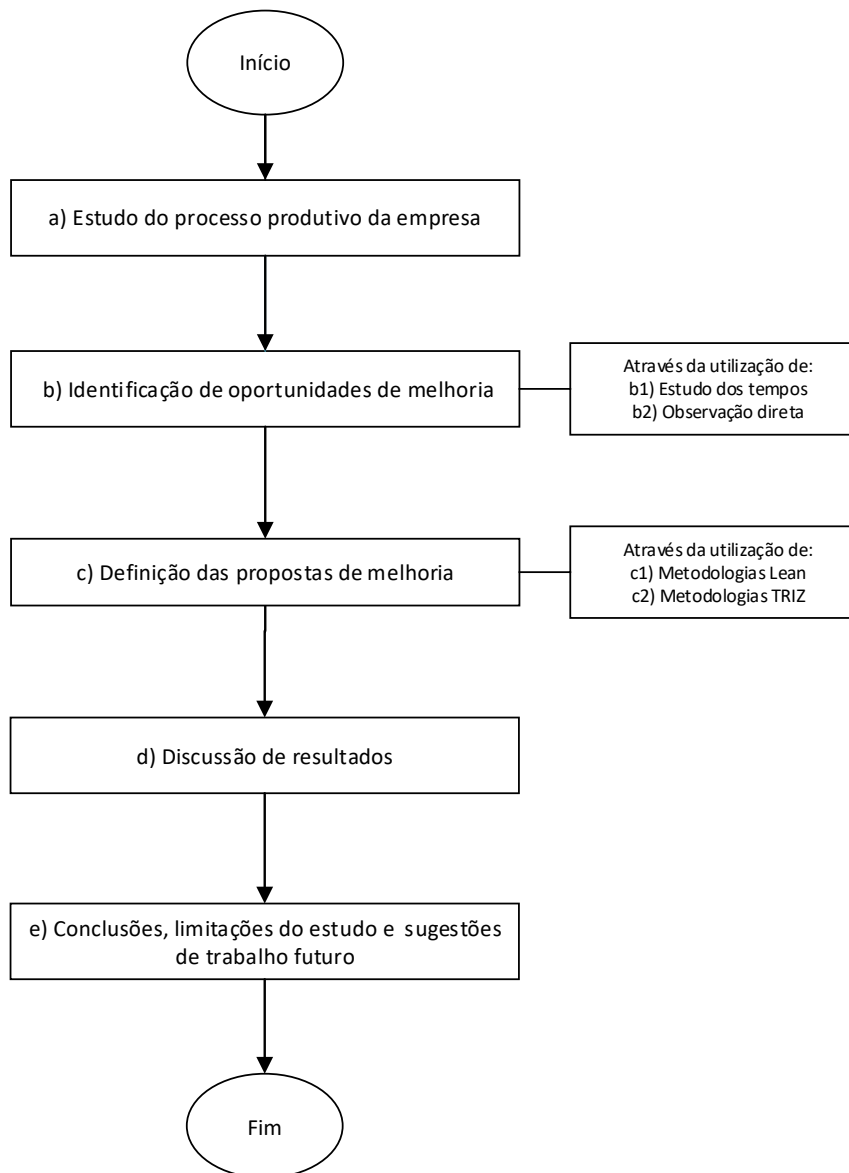


Figura 3.2 - Fluxograma da metodologia de estudo

a) Estudo do processo produtivo da empresa

Através de diversas reuniões com os responsáveis e da observação direta da linha de montagem, foi possível entender todo o processo produtivo da empresa. Qual o fluxo dos materiais e quais as atividades realizadas para a produção da UTA.

b) Identificação de oportunidades de melhoria

Tal como referido anteriormente, para a identificação de oportunidades de melhoria foram utilizados conceitos de estudo dos tempos e observação direta.

b1) Estudo dos tempos

A metodologia seguida para aplicação dos diversos conceitos de estudo do trabalho encontra-se apresentada na Figura 3.3.

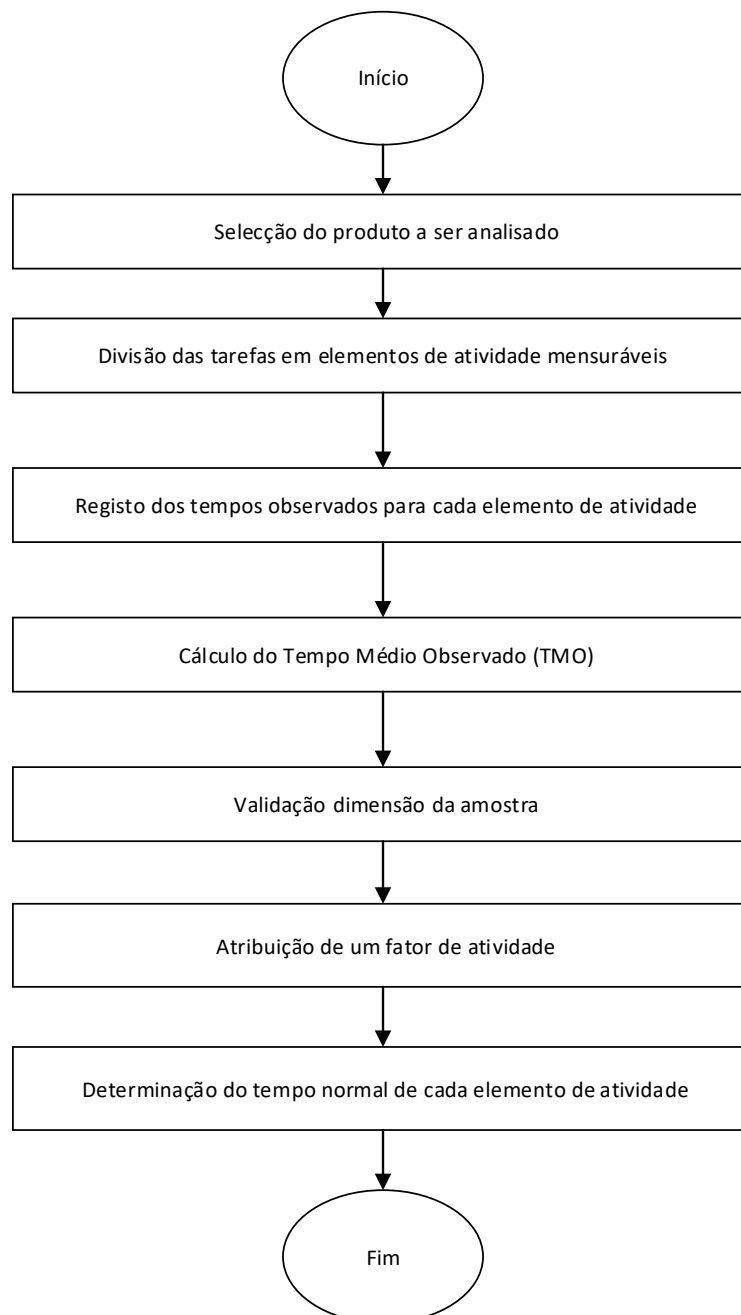


Figura 3.3 - Metodologia para técnica de estudo do tempo

- **Seleção do produto a ser analisado**

Tal como referido no início do capítulo, o produto a ser estudado será a unidade de tratamento de ar apresentada no anexo E. Uma vez que as máquinas diferem entre elas em número de módulos e de peças, mais tarde, os dados obtidos neste caso em particular, poderão ser adaptados às outras máquinas existentes do mesmo modelo. Posto isto, foi feita uma lista das peças que a máquina contém, facilitando mais tarde, o cálculo do ciclo de trabalho correspondente à produção do equipamento em causa. A lista de peças encontra-se descrita na Tabela 3.1

Tabela 3.1 - Lista de peças da UTA em estudo

Nome da peça	Quantidade	Nome da peça	Quantidade
Calha do atenuador	16	Filtro de bolsas	1
Batente para atenuador	16	Portas	13
Atenuador	24	Dobradiças de porta	35
Bateria	3	Pega Retangular	4
Base para bateria	6	Trinco de porta	35
Painel de bateria	3	Fecho de porta	35
Base do módulo	6	Óculo	11
Bit de fixação	136	Recuperador	1
Divisórias	14	Base do recuperador	2
Cantos	72	Registro	4
Laterais do módulo	36	Ventilador	4
Omegas centrais de superfície	5	Omegas de base do ventilador	8
Painéis	32	Chapa frontal do ventilador	4
Pés	24	Junta flexível	4
Uniões de módulos	116	Aro do ventilador	8
Painéis	34		

- **Divisão das tarefas em elementos de atividade mensuráveis**

A cronometragem de uma tarefa na íntegra com um único elemento raramente é satisfatória, pelo que é importante que esta seja dividida em elementos mais curtos e que seja feita a cronometragem individual de cada um deles (Assis, et al., 1977). Numa primeira fase, o ciclo de trabalho foi dividido em atividades, e por conseguinte cada atividade foi dividida em elementos. Aquando a divisão dos elementos, foram seguidas as regras descritas na secção 2.3.1.

Posto isto foram identificadas 34 atividades de trabalho, estas encontram-se descritas na Tabela 3.2. As atividades não se encontram apresentadas por ordem de montagem, uma vez que tal, não existe.

Posto isto, cada atividade foi dividida em elementos, estes elementos encontram-se descritos em detalhe no anexo H. Para se ter uma visão geral das atividades e os seus respetivos elementos de atividade constituintes do ciclo de trabalho, foi desenvolvido um esquema que se encontra no anexo I.

Tabela 3.2 - Atividades identificadas no processo de montagem da UTA

Atividade	Descrição	Atividade	Descrição
A	Colocação de calhas dos atenuadores	R	Montagem das uniões
B	Colocação dos batentes na secção dos	S	Montagem do filtro de bolsas
C	Colocação da base da bateria	T	Montagem de dobradiças
D	Colocação da bateria	U	Montagem de fechos
E	Colocação dos painéis da bateria	V	Montagem de óculos
F	Montagem da base do módulo	X	Montagem de pegas das portas
G	Junção da base do módulo com a superfície do	Z	Montagem de porta
H	Colocação de bits de fixação	AA	Montagem do trinco
I	Colocação de buchas	BB	Montagem da base do
J	Montagem das divisórias	CC	Montagem do recuperador
K	Colocação de cantos	DD	Montagem de registro
L	Colocação de laterais	EE	Montagem de base do ventilador
M	Montagem da estrutura total	FF	Montagem da chapa frontal do
N	Montagem dos ómeegas centrais de superfície	GG	Montar junta flexível
O	Montagem dos painéis	HH	Montagem de junta flexível com
P	Montagem dos pés dos módulos	II	Montar aro com junta e rede
Q	Montagem da superfície do módulo	JJ	Montagem de ventilador

Analisando a figura presente no anexo I, é possível verificar que num ciclo de trabalho para a montagem da UTA, foram contabilizadas 34 atividades de trabalho e por consequente 59 elementos de atividade, sendo 49 elementos cíclicos e 10 elementos não cíclicos. Quaisquer tipos de elementos

estranhos foram eliminados, uma vez que se tratam de situações pontuais que ao serem contabilizadas poderiam comprometer a veracidade dos resultados.

- **Registo dos tempos observados para cada elemento de atividade**

Com recurso a um cronómetro e folhas de registo (Meyers et al., 2002) foram registados os tempos observados. A cronometragem foi realizada com retorno a zero no início de cada medição. É necessário referir que, a escolha da linha de montagem da máquina em estudo foi aleatória.

- **Cálculo do tempo médio observado para cada elemento de atividade**

Depois de registados os valores, com recurso à expressão 2.2, calculou-se o tempo médio observado para os elementos cíclicos, os valores obtidos encontram-se na tabela 3.3.

Tabela 3.3 - TMO dos elementos de atividade cíclicos

Código	TMO (s)	Código	TMO (s)	Código	TMO (s)	Código	TMO (s)	Código	TMO (s)
a1	289	k1	72	r3	33	aa1	37	gg1	146
b1	95	l1	69	r4	87	aa2	52	gg2	69
c1	151	m1	133	s1	3162	bb1	204	hh1	149
d1	276	n1	84	t1	71	cc1	196	hh2	72
e1	697	o1	92	u1	86	dd1	516	ii1	82
f1	273	o2	112	v1	82	ee1	134	ii2	32
g1	431	p1	42	x1	150	ee2	45	ii3	69
h1	92	q1	45	z1	225	ee3	33	ii4	195
i1	33	r1	37	z2	55	ee4	195	jj1	378
j1	161	r2	82	z3	207	ff1	199		

De seguida, foi também calculado o tempo médio observado para os elementos não cíclicos, os resultados obtidos encontram-se na tabela 3.4.

Tabela 3.4 - TMO dos elementos não cíclicos

Código	TMO (s)
a2	95
b2	89
d2	410
h2	31
j2	118
o3	59
hh3	66
ii5	92
ii6	124
jj2	92

- **Validação da dimensão da amostra observada**

Após o cálculo do tempo médio observado foi possível realizar a validação da dimensão da amostra com recurso à expressão 2.3, obtendo-se assim os resultados apresentados no anexo J. Esta tabela contém o tempo médio observado (TMO), dimensão da amostra recolhida (n), desvio padrão da amostra (σ), os graus de liberdade (GDL) e por fim, o número de observações que devem ser realizadas (N). Para a validação desta amostra foi seleccionado um nível de significância (α) de 10%.

Uma vez que $n \geq N$ para todos os elementos de atividade, concluiu-se que a amostra cronometrada era suficiente para garantir o nível de significância desejado, como tal, não foi necessário realizar mais observações.

- **Atribuição do Fator de Atividade e cálculo do Tempo Normal**

Visando o cálculo do tempo normal de cada elemento, foi-lhe atribuído um fator de atividade, caso fosse elemento "homem". Para aos elementos não cíclicos, para além do fator de atividade foi atribuído uma frequência.

No caso dos elementos de atividade "máquina", o tempo normal é igual ao tempo médio observado, uma vez que não são atribuídos fatores de atividade a equipamentos. Os valores obtidos para os elementos cíclicos encontram-se apresentados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Tempos normais dos elementos cíclicos

Código	TMO (s)	FA (%)	TN(s)	Código	TMO (s)	FA (%)	TN(s)
a1	289	100	289	v1	82	100	82
b1	95	100	95	x1	150	100	150
c1	151	100	151	z1	225	100	225
d1	276	100	276	z2	55	100	55
e1	697	100	697	z3	207	100	207
f1	273	100	273	aa1	37	100	37
g1	431	100	431	aa2	52	100	52
h1	92	100	92	bb1	204	90	184
i1	33	90	30	cc1	196	100	196
j1	161	100	161	dd1	516	90	464
k1	72	100	72	ee1	134	90	121
l1	69	100	69	ee2	45	100	45
m1	133	100	133	ee3	33	90	30
n1	84	100	84	ee4	195	100	195
o1	92	100	92	ff1	199	100	199
o2	112	100	112	gg1	146	-	146
p1	42	95	40	gg2	69	90	59
q1	45	100	45	hh1	149	90	134
r1	37	100	37	hh2	72	90	73
r2	82	100	82	ii1	82	90	74
r3	33	100	3	ii2	32	90	29
r4	87	100	87	ii3	69	90	62
s1	3162	90	2846	ii4	195	90	176
t1	71	100	71	jj1	378	90	340
u1	86	100	86				

É possível verificar que apenas existe um elemento “máquina”, o elemento gg1 que representa a quinagem da junta flexível do ventilador.

Os valores dos tempos normais dos elementos não cíclicos encontram-se apresentados na Tabela 3.6. Tal como referido anteriormente, para o cálculo destes tempos para além da multiplicação do tempo médio observado pelo fator de atividade foi também multiplicado pela frequência de aparecimento.

Tabela 3.6 - Tempos normais dos elementos não cíclicos

Código	TMO (s)	FA(%)	Frequência	TN (s)
a2	95	100	1/4	24
b2	89	100	1/4	23
d2	410	100	1/2	205
h2	31	100	1/2	16
j2	118	100	1/6	20
o3	59	100	1/2	30
hh3	66	90	1/3	20
ii5	92	90	1/6	14
ii6	124	90	1/2	56
jj2	92	90	1/2	42

É necessário esclarecer que foi considerado um elemento “homem” qualquer elemento de atividade cujo tempo de montagem dependa do operador. A título de exemplo, a soldadura, apesar de ser realizada por uma máquina, verifica-se que a sua qualidade e o tempo do processo dependem na totalidade do operador, como tal é considerada um elemento “homem”.

Mencionou-se na secção 2.3.1 que o principal objetivo do estudo dos tempos é estimar com precisão do tempo padrão, no entanto para este caso, após análise não se verificou necessidade de calculá-lo. O tempo-padrão, na maior parte dos casos, auxilia na estimativa do volume de produção, especialmente quando a produção é por lote, ou até no o cálculo dos custos de mão de obra, o que para este caso de estudo não é relevante.

b2) Observação direta

Para além da técnica de estudo do tempo, recorreu-se também à observação direta para a identificação de oportunidades de melhoria. A observação consistiu em examinar o comportamento e as interações à medida que foram acontecendo. Desta maneira, foi possível ouvir todos os esclarecimentos que acompanhavam os comportamentos observados, dando uma perspetiva diferente ao estudo. A intenção consistiu em envolver-se nas atividades, mas sem chegar ao ponto de exercer influência sobre elas. A prioridade primária foi a observação e a compreensão das atividades “por dentro”.

c) Definição das propostas de melhoria

Através das metodologias de estudo do tempo e observação direta foi possível identificar nove oportunidades de melhoria.

Para o desenvolvimento das respectivas propostas de melhoria utilizaram-se ferramentas analíticas das metodologias TRIZ e *Lean*. Na Figura 3.4 são apresentadas as oportunidades de melhoria, bem como as ferramentas analíticas utilizadas para cada caso. Todas as oportunidades de melhoria foram abordadas individualmente, devido ao facto, de nenhuma ser igual e como tal, cada uma requer uma abordagem distinta.

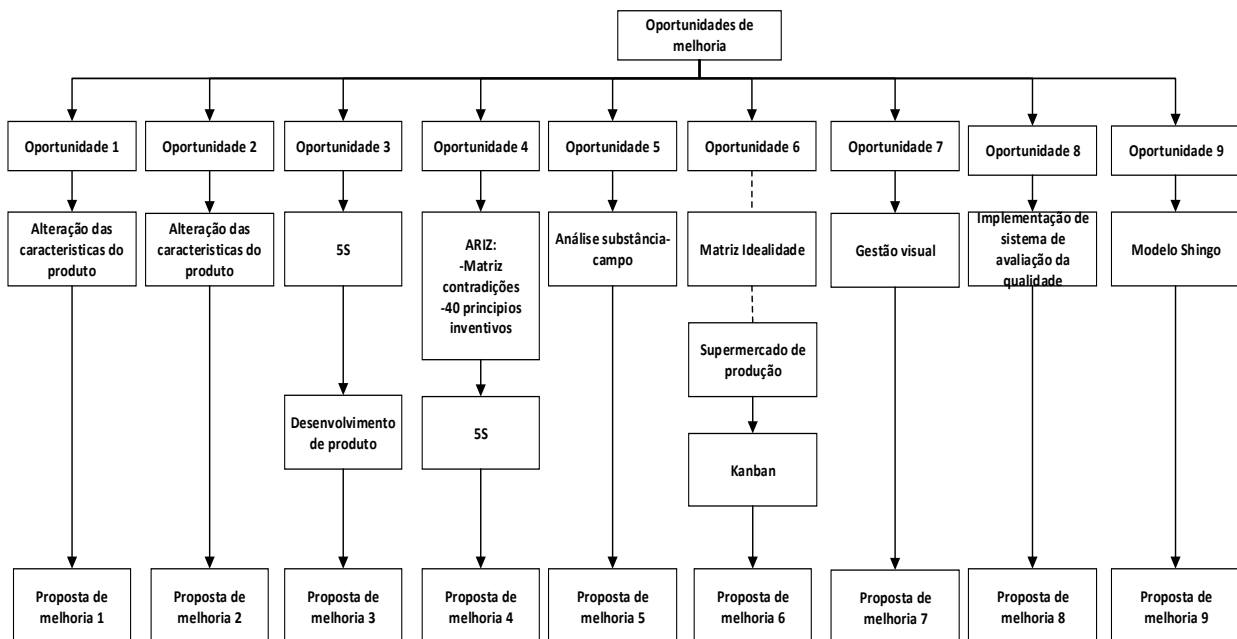


Figura 3.4 - Metodologia para desenvolvimento de propostas de melhoria

Através da análise da Figura 3.4 é possível verificar que foram utilizadas três ferramentas analíticas TRIZ e sete ferramentas analíticas *Lean*. As ferramentas analíticas TRIZ, sempre que necessárias, utilizaram-se antes das ferramentas analíticas *Lean*. Ou seja, estas ferramentas analíticas recomendaram uma solução ideal, no entanto sendo esta uma solução generalizada, foi depois adaptada ao contexto real através das ferramentas *Lean*.

Após definidas em detalhe todas as propostas de melhoria, segue-se a discussão de resultados, conclusões, limitações do estudo e finalmente, proposta de trabalho futuro.

4. IDENTIFICAÇÃO DE OPORTUNIDADES DE MELHORIA

No presente capítulo, pretende-se analisar o processo de montagem recorrendo à examinação dos dados obtidos através da cronometragem e da observação direta. No âmbito desta análise, é particularmente pertinente apurar as atividades sem valor acrescentado que reduzem a eficiência do processo.

4.1 ESTUDO DOS TEMPOS

De maneira a analisar de modo quantitativo o processo de montagem, foi calculado o tempo de ciclo da montagem da unidade de tratamento de ar que se encontra no anexo E. Com recurso aos tempos normais apresentados nas tabelas 3.5 e 3.6 e a lista de materiais apresentada na tabela 3.1, foi então calculado um tempo de ciclo de 5,59 dias, aproximadamente 6 dias de trabalho.

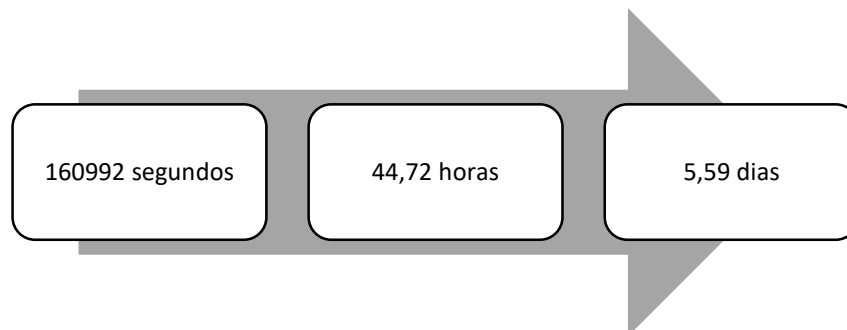


Figura 4.1 - Tempo de ciclo referente à produção da UTA

Apesar de nesta etapa já se ter dados quantitativos acerca do processo, não foi possível retirar qualquer tipo de ilação a partir dos mesmos. Para tal, antes de mais, foi necessário calcular qual a percentagem de elementos de atividade cíclicos e não cíclicos no tempo de ciclo, os valores obtidos encontram-se apresentados na Figura 4.2.

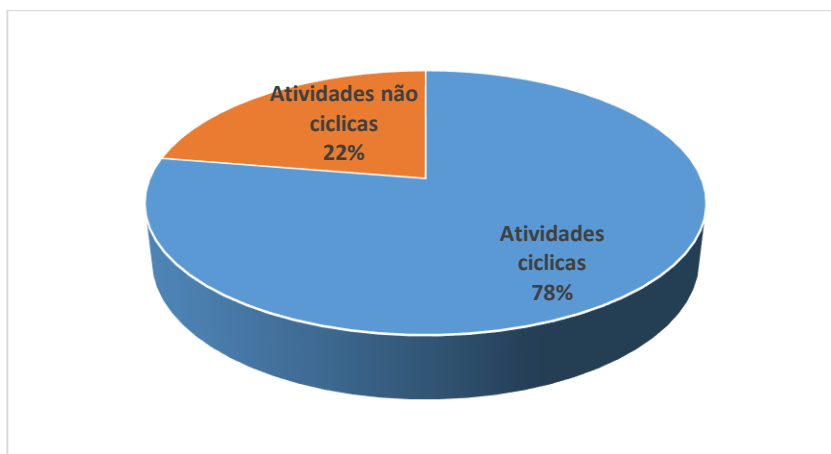


Figura 4.2 - Divisão de tipos de atividade por tempo de ciclo

Como é possível verificar na figura 4.2, em 78% de um tempo de ciclo são realizadas atividades cíclicas enquanto que os restantes 22% são dedicados a atividades não cíclicas. Para identificar oportunidades de melhoria, foi então necessário, analisar de modo mais detalhado todas as atividades cíclicas e não cíclicas.

Em primeiro lugar, calculou-se a percentagem de tempo que cada elemento de atividade cíclico consome no somatório total desses elementos. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Percentagem de tempo de cada elemento cíclico no total de elementos cíclicos

Código	%	Código	%	Código	%	Código	%
a1	4,1%	o1	0,4%	z2	0,6%	hh1	0,5%
b1	1,4%	o2	2,6%	z3	2,4%	hh2	0,3%
c1	0,8%	p1	3,2%	aa1	1,2%	ii1	0,3%
d1	0,7%	q1	0,9%	aa2	1,6%	ii2	0,1%
e1	1,9%	r1	0,7%	bb1	0,3%	ii3	0,2%
f1	1,5%	r2	3,9%	cc1	0,2%	ii4	0,6%
g1	2,3%	r3	8,5%	dd1	1,7%	jj1	1,2%
h1	11,2%	r4	9,1%	ee1	0,9%		
i1	9,9%	s1	2,6%	ee2	0,3%		
j1	2,0%	t1	2,2%	ee3	0,2%		
k1	4,7%	u1	2,7%	ee4	1,4%		
l1	2,2%	v1	0,8%	ff1	0,7%		
m1	1,1%	x1	0,5%	gg1	0,5%		
n1	0,4%	z1	2,6%	gg2	0,2%		

A maior parte das atividades não consomem muito tempo do tempo total de atividades cíclicas, uma vez que existem 59 atividades cíclicas. Tal como é possível observar pela tabela 4.1, alguns destes elementos cíclicos consomem menos de 0,5% do tempo total de elementos cíclicos o que acabam por ser valores muito baixos. No entanto, apesar de todas as possíveis melhorias serem uma mais valia para este estudo, neste caso achou-se que não era vantajoso analisar todos os 59 elementos cíclicos. De maneira a selecionar quais os elementos cíclicos a serem analisados procedeu-se à elaboração de um diagrama de Pareto.

O Diagrama de Pareto, apresentado na Figura 4.3 constitui uma das sete ferramentas da qualidade e permite visualizar quais os 20% dos elementos cíclicos que representam 80% do tempo total de elementos cíclicos.

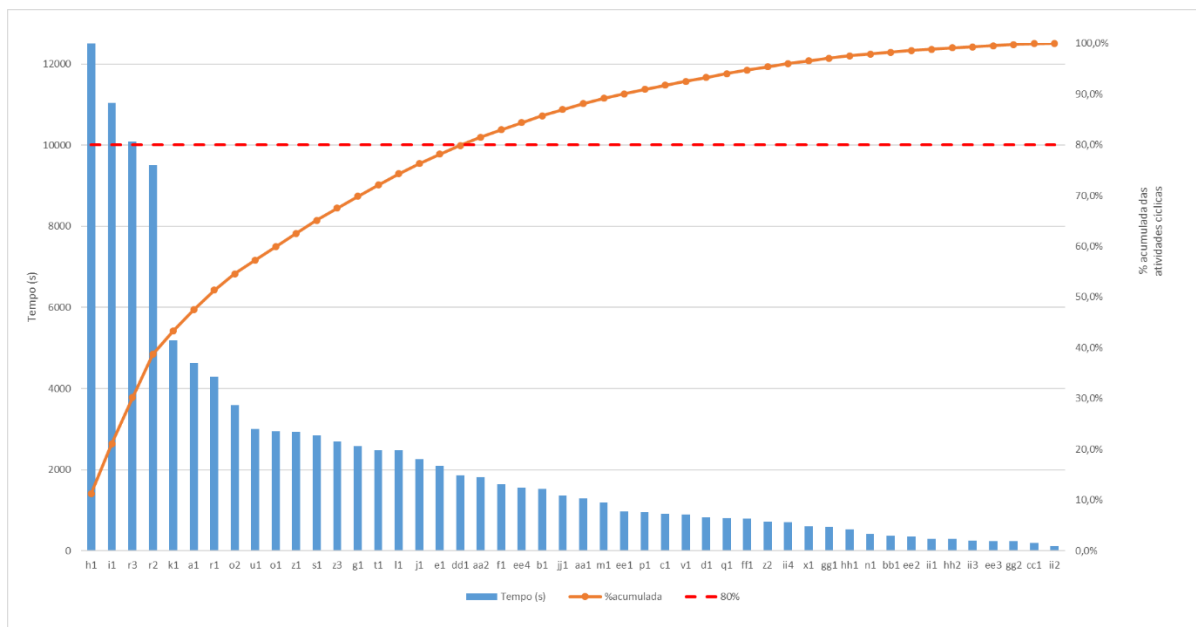


Figura 4.3 - Diagrama de Pareto dos elementos cíclicos

Analisando a figura 4.3 verificou-se que os primeiros 19 elementos cíclicos são os mais significativos. Analisando a tabela 4.2 que contem a percentagem de acumulada, conclui-se que estes 19 elementos consomem 79,2% do tempo total de elementos cíclicos.

Após análise detalhada dos 19 elementos anteriormente selecionados, encontraram-se oportunidades de melhoria nos elementos o1 e z1. Os restantes elementos após análise, chegou-se à conclusão de que são elementos necessários à montagem e como tal não podem ser reduzidos nem eliminados.

Tabela 4.2 - Percentagem acumulada do Diagrama de Pareto

Código do elemento	% acumulada	Código do elemento	% acumulada
h1	11,9%	s1	61,1%
r4	21,4%	z3	63,7%
r2	30,5%	k1	66,1%
i1	38,9%	g1	68,6%
r1	43,0%	t1	70,9%
r3	46,6%	l1	73,3%
o2	50,0%	j1	75,4%
u1	52,9%	e1	77,4%
o1	55,6%	dd1	79,2%
z1	58,4%		

- Elemento cíclico o1 – retirar autocolantes:

Todos os painéis e portas vêm identificados com um autocolante, tal como se pode ver na Figura 4.4. Os autocolantes identificam a máquina, o cliente e o módulo a que as peças pertencem. Revelou-se demora na retirada dos autocolantes, devido ao tipo de cola utilizada nos mesmos.

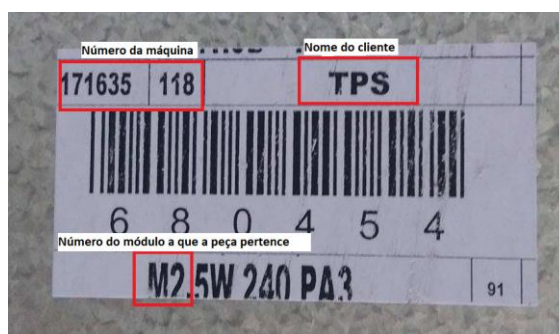


Figura 4.4- Etiqueta de identificação de painéis e portas

Para se retirar o autocolante é necessário utilizar um solvente especial o que torna o processo mais caro. Para além disso, este produto precisa de algum tempo para atuar, afetando assim, o tempo de ciclo.

- Elemento z1 – retirar fita cola das portas

Durante a observação da atividade de Z – montagem de portas, um elemento que se destacou foi a extração da fita cola que vem com as portas, tal como é possível observar na figura 4.5. Esta fita cola rodeia todas as portas dos dois lados. Ela tem por objetivo manter a colagem da porta, mas também a protegê-la durante o seu transporte desde a unidade produtiva de Alverca até à de Povos. Por ser uma fita frágil, não é possível retirá-la toda de uma vez, acabando por se partir e por consequente obriga o operador a perder algum tempo para conseguir retirar o

resto da fita. É usual haverem restos de fita cola na porta, para retirá-los é utilizado o mesmo solvente que é utilizado para retirar os autocolantes de identificação, e à semelhança ao caso anterior, é necessário que o solvente atue.



Figura 4.5 - Porta com fita cola

Após identificadas as oportunidades de melhoria para os elementos cíclicos, foram analisados os elementos não cíclicos. Calculou-se a percentagem de tempo que cada atividade não cíclica ocupa no somatório total desses elementos. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na Tabela 4.3.

Tabela 4.3- Percentagem de tempo de elementos não cíclicos no total de elementos não cíclicos

Código	% de tempo	Código	% de tempo
a2	0,3%	o3	3,2%
b2	0,3%	hh3	0,3%
d2	2,0%	ii5	0,2%
h2	91,6%	ii6	0,7%
j2	0,9%	jj2	0,6%

Ao fazer-se uma análise mais aprofundada dos dez elementos não cíclicos, foi possível concluir que estes, apesar de serem diferentes entre si poderiam ser agrupados em quatro categorias, sendo estas as seguintes:

- Procura de peças:
Os elementos b2, d2, h2, o3 e hh3 inserem-se nesta categoria. Correspondem à procura de peças que necessitam de ser montadas. A maior parte destes acontecimentos deve-se à desorganização no chão de fábrica. Os materiais que chegam da unidade fabril de

Alverca e ficam à entrada da unidade de Povos, juntamente com materiais de outras máquinas, nunca chegando a ser separados e arrumados em locais apropriados. Como tal, é difícil para os operadores encontrarem as peças que necessitam, demorando mais do que o necessário.

- Procura de ferramentas:
Durante o processo produtivo, os operadores com frequência despendem muito tempo na procura de ferramentas, tais como martelos, chaves inglesas etc. Após análise aprofundada, chegou-se à origem deste problema: postos de trabalho desorganizados, tal como é possível ver pelas Figura 4.6 e Figura 4.7 onde se pode observar dois armários presentes em duas linhas de montagem distintas. Os trabalhadores não têm os armários limpos e arrumados, não há um espaço específico para cada ferramenta. Inserido nesta categoria está o elemento ii5.



Figura 4.6 - Arrumação do armário do posto de trabalho



Figura 4.7 - Arrumação de armário de outra linha de montagem

- **Espera/Procura por ferramentas elétricas:**
Antes de mais, é necessário esclarecer o conceito de ferramentas elétricas, neste caso são as ferramentas cuja principal fonte de alimentação é a eletricidade, tais como aparafusadoras, berbequins, etc. Durante a montagem da máquina os operadores muitas vezes têm que esperar para poderem usar a aparafusadora, ou então têm que se deslocar a outras linhas de montagem à procura de uma. Isto acontece pois não existem aparafusadoras suficientes para todos os trabalhadores. Existem 6 linhas de montagem, cada uma tem alocada dois operadores, no entanto só existem 6 aparafusadoras (acabando uma por avariar durante o decorrer deste estudo). Nesta categoria estão inseridos os elementos a2 e j2.
- **Buscar peças ao armazém:**
Durante a montagem da máquina, são necessárias muitas ferragens tais como anilhas, porcas, parafusos, entre outros. Estas ferragens não são facultadas juntamente com o resto das peças, por isso os operadores têm que se deslocar ao armazém para buscarem as ferragens necessárias.
Por vezes existem restos de ferragens que foram utilizados na máquina anteriormente produzida acabando por ser aproveitados para a montagem da máquina seguinte. No entanto quando estas ferragens se acabam, ou na eventualidade de não existirem desde o início da montagem, o operador tem que se deslocar ao armazém para buscá-las.

Tal como é possível constatar pela análise da Figura 4.8, a categoria mais representativa é a da procura de peças, detendo 97% do tempo total de atividades não cíclicas.

Todos os presentes elementos não cíclicos são diretamente produtivos, ou seja, são necessários para o fabrico do equipamento. No entanto, são elementos de atividade sem valor acrescentado, são considerados desperdícios, e como tal, deverão ser eliminados.

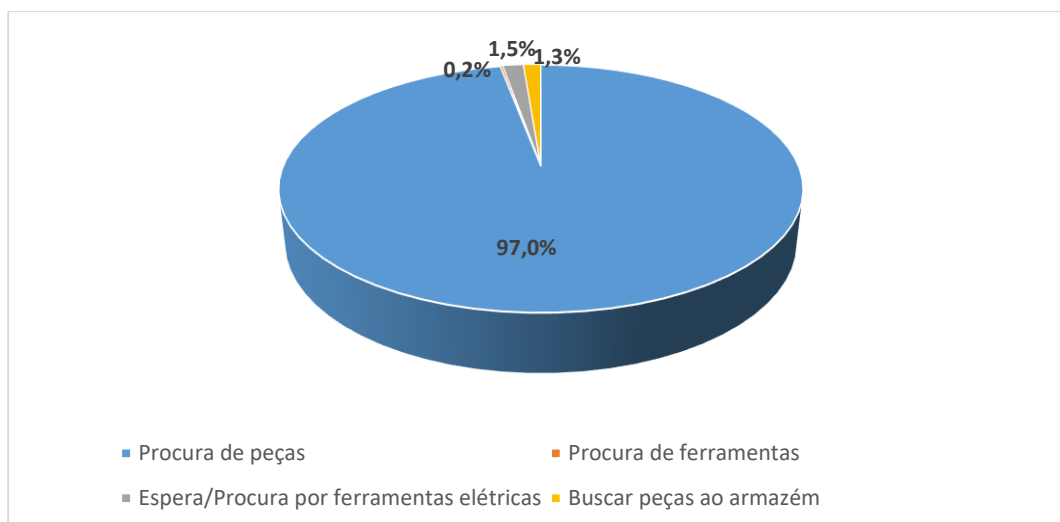


Figura 4.8 – Divisão dos elementos não cíclicos

Na figura 4.9 é apresentada uma lista resumindo as oportunidades de melhoria identificadas, para o posterior desenvolvimento de soluções.

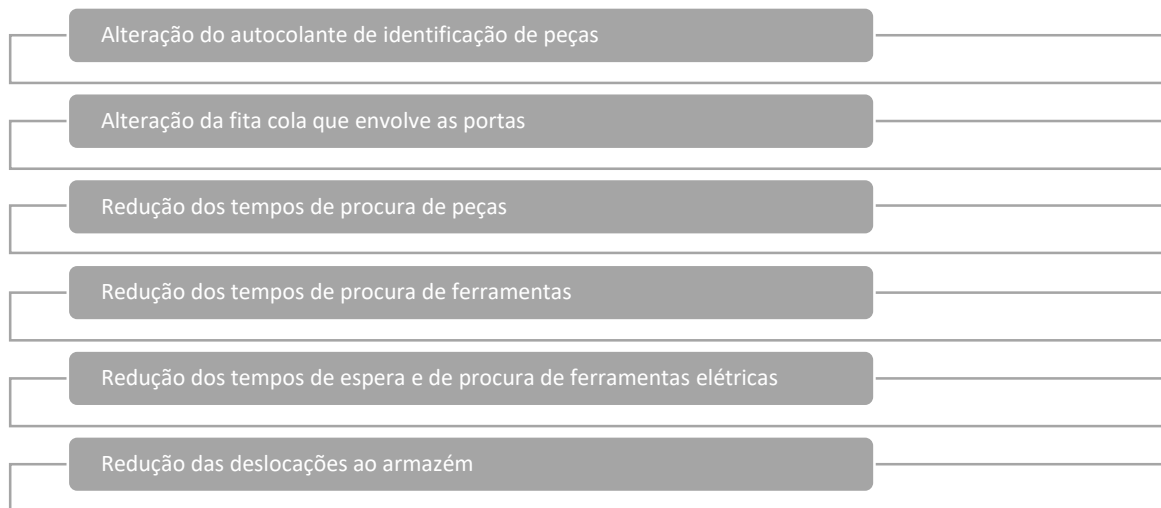


Figura 4.9 - Resumo das oportunidades de melhoria identificadas

4.2 OBSERVAÇÃO DIRETA DO PROCESSO DE MONTAGEM

Durante a observação do processo de montagem das UTA's, através da observação direta quer das atividades, quer do ambiente de trabalho existente na organização, foram identificados alguns problemas que de seguida serão explanados em detalhe.

1. Falta de comunicação

Uma comunicação interna bem planeada e estruturada, baseada numa forte estratégia de comunicação, é essencial para qualquer organização (Rocha, 2007). Durante a observação dos processos destacaram-se diversas falhas de comunicação que levaram a re-trabalhos por parte dos operadores e conseqüentemente aumento do tempo de produção da UTA. Alterações por parte da gestão do desenho de uma máquina que já se encontrava em processo de montagem, sem aviso imediato dos operadores encarregados pela montagem dessa mesma máquina foi um dos problemas mais observados. Outro também de igual importância, remete mais uma vez para os desenhos das máquinas, neste caso, para a inexistência de algumas medidas no desenho fazendo com que os trabalhadores tenham que “adivinhar” as medidas pretendidas, e muitas das vezes as mesmas acabavam por não ser as corretas. Tinham mais tarde que retirar a peça e montá-la na

medida correta, no entanto, mais uma vez, com esta falha de comunicação, houve um desperdício de tempo.

2. Defeitos nas máquinas

Durante a montagem das máquinas, por vezes, algumas peças eram danificadas ou ficavam montadas incorretamente. Apesar de na maioria das vezes, o problema ser apenas de natureza estética, poderão, eventualmente, existir problemas funcionais graves que poderão condicionar o funcionamento do equipamento e conseqüentemente danificar a imagem da organização no mercado. É necessário referir que caso o defeito não seja detetado na fábrica e seja o cliente a detetá-lo, este ao exigir a sua reparação, espera que a empresa acarrete com os custos da deslocação e reparação, e tendo em conta que grande parte das máquinas são exportadas, poderá causar graves prejuízos financeiros para a empresa. Está-se perante um dos sete desperdícios mencionados na secção 2.2.3, como defeitos. Este desperdício poderá levar a um aumento dos custos do produto, bem como ao aumento do tempo de ciclo, é, portanto, necessário desenvolver medidas para a sua redução ou eliminação.

Apesar de antes do embalamento, a máquina passar por uma inspeção, na maior parte das vezes os trabalhadores já sabiam dos erros que tinham cometido e não solucionavam assim que possível. Era sempre necessário o supervisor chamar à atenção acerca desses defeitos. Verifica-se certa tendência de fazer o maior número de máquinas possível sem ter em conta a qualidade das mesmas. Esta mentalidade, deve-se em muito, ao prémio de produtividade a atribuir, no final do ano ao operador com mais máquinas produzidas. No entanto, esta produtividade não é afetada pelos defeitos cometidos pelo operador.

3. Trabalhadores desmotivados

Durante a observação direta e contato com os trabalhadores foi também possível constatar que, entre eles há um sentimento de grande desmotivação, não só em relação ao trabalho, mas também em relação à empresa. São apontadas várias causas, as que foram mencionadas com maior frequência foram as seguintes:

a) Falta de reconhecimento e de *feedback* por parte das chefias:

Aquando o período do presente estudo, foi frequente a chefia pedir aos trabalhadores para fazerem horas extras e até trabalharem alguns sábados de maneira a cumprirem prazos de entrega de encomendas. Apesar destas horas extras serem pagas, não houve qualquer tipo de agradecimento ou reconhecimento por parte das chefias, ou mesmo *feedback* acerca da qualidade dos equipamentos. Ter o próprio trabalho reconhecido é uma das principais expectativas do trabalhador. O reconhecimento reflete positivamente na auto estima, na autoconfiança. Mais uma vez, este sentimento advém da falta de comunicação.

b) Dificuldade em expressar opiniões e sugestões:

Muitas vezes os trabalhadores querem expressar o seu descontentamento ou opinião acerca de alguma situação ou até sugerirem alguma melhoria e não sabem a quem se dirigir. Caso o façam, sentem que o que fizeram foi em vão porque, mais uma vez, não há qualquer tipo de *feedback*.

c) Falta de planos de formação dos trabalhadores:

Muitos dos trabalhadores referem a falta de formação. E quando esta acontece, não é para todos os trabalhadores, o que contribui ainda mais para o sentimento de descontentamento.

A formação é essencial não apenas para aumentar a produtividade, como também para motivar e inspirar os trabalhadores, de forma que percebam a importância que lhes é conferida e que, deste modo, a organização que os acolhe está disposta a fornecer a formação necessária para que possam exercer as suas funções de forma mais adequada e lucrativa (Torres e Palhares, 2008). É, portanto, essencial proporem-se medidas a este respeito.

d) Condições de trabalho inadequadas (ventilação, aquecimento, iluminação, entre outros):

O presente estudo foi realizado num período de seis meses, durante este tempo houveram condições atmosféricas rigorosas, quer de calor quer de frio. Uma vez que a cobertura da fábrica é de chapa, as temperaturas que se fazem sentir no exterior das instalações sentem-se de igual forma no interior da fábrica. Durante a época de frio, alguns trabalhadores trouxeram aquecedores de casa para o seu posto de trabalho e claramente o seu ritmo de trabalho era mais elevado de maneira a manter a temperatura corporal. Durante a época de calor, verificou-se exatamente o contrário, os trabalhadores começaram a reduzir o ritmo de trabalho devido ao calor que se fazia sentir e, mais uma vez, alguns deles chegaram a trazer ventoinhas de casa. Outro problema identificado prende-se com a falta de ventilação na fábrica, não existe ventilação natural nem artificial, o que por vezes se torna perigoso, uma vez que, são realizados processos de soldadura e cortes de lâ de vidro.

O Artigo 11.º - Temperatura e humidade do Decreto-Lei n.º 243/86, refere que os locais de trabalho, bem como as instalações comuns devem oferecer boas condições de temperatura e humidade, de modo a proporcionar bem-estar e defender a saúde dos trabalhadores. A Direcção-Geral da Saúde (2016) afirma também que, dado que a população passa cerca de 80% do seu tempo no interior de edifícios, tanto em habitações como em locais de trabalho, a qualidade do ar interior pode constituir uma fonte de risco potencial para a saúde, podendo ter repercussões no conforto, bem-estar e produtividade. Para além dos problemas relacionados com a temperatura e ventilação existe uma fraca iluminação dos locais de trabalho. O Canadian Centre for Occupational Health and Safety (2016) afirma que quer seja em ambientes industriais ou de escritório, uma iluminação adequada faz com que todas as tarefas de trabalho sejam mais fáceis de executar.

Não existe também qualquer preocupação em relação ao ruído, apesar de serem sido fornecidos equipamentos de proteção individual aos operadores, os mesmos não são utilizados. A Health and Safety Executive (2012) afirma que, o ruído no local de trabalho pode eventualmente causar danos auditivos permanentes e incapacitantes. A perda gradual de audição está associada à exposição ao ruído ao longo do tempo, mas também a danos causados por ruídos súbitos e extremamente altos.

Torna-se essencial garantir condições de trabalho favoráveis de maneira a aumentar a produtividade e satisfação dos trabalhadores.

É apresentada na figura 4.10, uma lista resumindo as oportunidades de melhoria identificadas, para o posterior desenvolvimento de soluções.

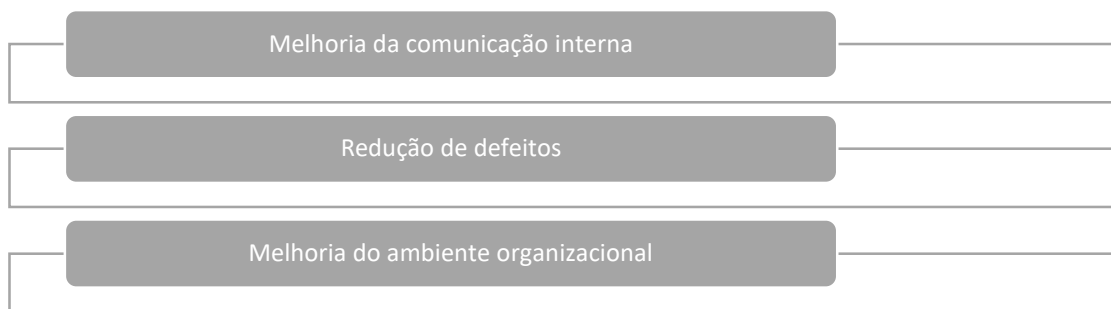


Figura 4.10 - Oportunidades de melhoria obtidas por observação direta

5. PROPOSTAS DE MELHORIA

Após a identificação de todas as oportunidades de melhoria, é necessário desenvolver as respectivas propostas de melhoria. Estas devem ter por objetivo o aumento da eficiência do processo de montagem. As propostas de melhoria desenvolvidas são apresentadas neste presente capítulo.

5.1 ALTERAÇÃO DO AUTOCOLANTE DE IDENTIFICAÇÃO DE PEÇAS

Foi possível constatar no subcapítulo 4.1 que os autocolantes existentes aumentam o custo e tempo de produção devido ao solvente especial que necessita ser utilizado para ser retirado e conseqüentemente, ao tempo que este deve de atuar. De maneira a reduzir este custo e o tempo de ciclo, propõem-se a alteração das características do autocolante. Em concreto deverá ser alterada a cola existente, a nova cola deverá ter características que façam com que o autocolante possa ser retirado com outro tipo de solvente mais barato, álcool, acetona ou até água e cuja sua atuação seja imediata.

5.2 ALTERAÇÃO DA FITA COLA QUE ENVOLVE AS PORTAS

De maneira a facilitar o processo de extração da fita cola adesiva das portas das UTAs, sugere-se a alteração do tipo de fita cola, para uma fita cola de papel, tal como apresentada na Figura 5.1. Com este tipo de fita adesiva a sua extração será mais fácil. Mesmo que ela se parta ou fiquem alguns detritos nas portas é mais simples de os identificar e retirar. Também poderá ser usada água ou álcool para retirar esta fita de uma maneira ainda mais rápida.



Figura 5.1 - Fita adesiva proposta

5.3 REDUÇÃO DO TEMPO DE PROCURA DE PEÇAS

De maneira a reduzir-se o tempo de procura das peças, propõe-se a criação de áreas de arrumação de peças, para cada máquina. Assim que as peças de uma máquina chegam à Unidade de Povos, são divididas pelo número de máquina e arrumadas no local correspondente. Como tal, todas as peças e materiais de uma máquina encontrar-se-ão num só lugar. A procura do trabalhador será facilitada, uma vez que, que basta dirigir-se à área correspondente à máquina que se encontra a montar e saberá que lá estão todas as peças.

Para tal, é necessário utilizar o espaço vazio que existe na área exterior ao armazém, e que está a ser utilizado para armazenar peças descontinuadas ou que não foram utilizadas, como se pode ver na Figura 5.2

Para a reestruturação desta área aplicar-se-á a ferramenta 5S, onde primeiramente haverá uma seleção e triagem das peças existentes, posto isto todas elas serão colocadas nas áreas definidas para o efeito. De seguida toda a área deverá ser varrida e limpa. É essencial que as folhas afixadas com o número da linha de montagem sejam alteradas pelo número da máquina, desta maneira, a procura do operador pelas peças será simplificada.

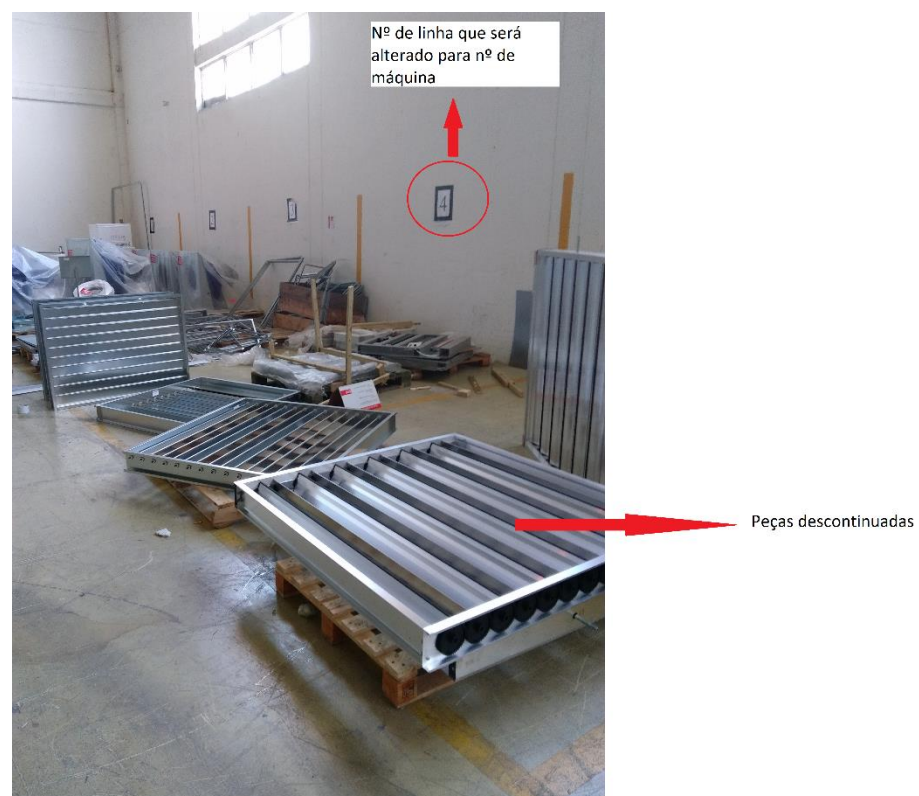


Figura 5.2-Situação atual da área exterior ao armazém

Esta proposta serve para todas as peças à exceção dos bits de fixação, que são as únicas peças que não contêm etiqueta de identificação, devido à sua fina espessura e bem como, ao inconveniente da impressão de um elevado número de etiquetas. Estas peças vêm enroladas numa fita cola, com o número correspondente ao módulo em que deverão ser montadas, no entanto, após a sua abertura os operadores não sabem os bits correspondentes a cada módulo, essa situação é demonstrada na figura 5.3.

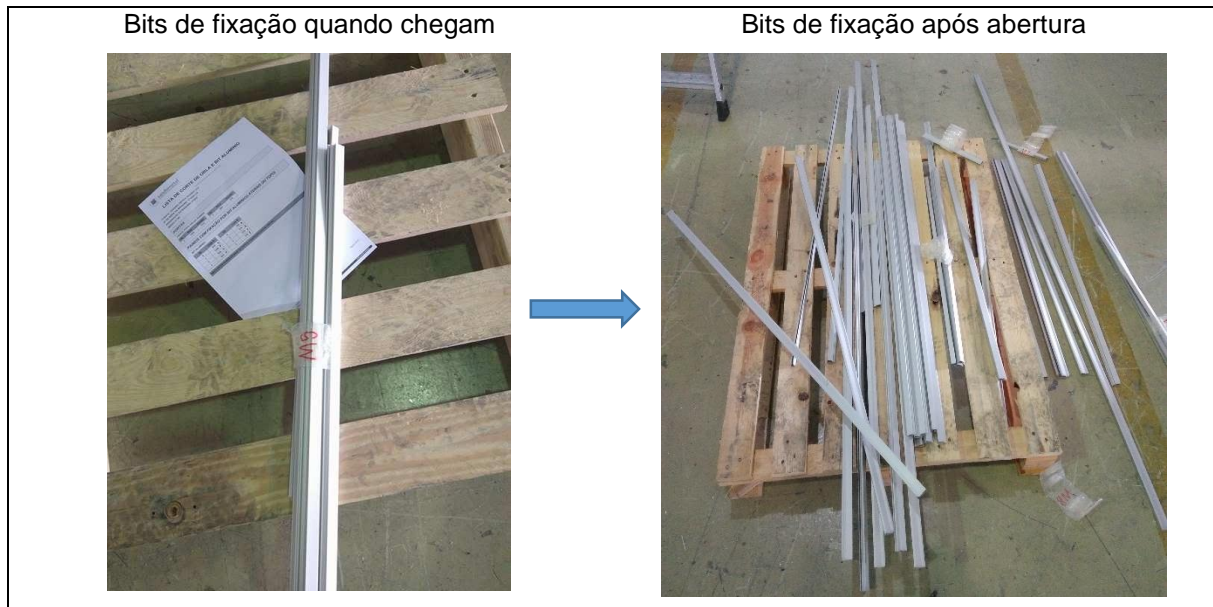


Figura 5.3 - Antes e depois da abertura dos bits de fixação

Como tal, foi desenvolvida uma arrumação específica para estas peças com recurso à ferramenta de desenho *SolidWorks*, que se encontra ilustrada na Figura 5.4.

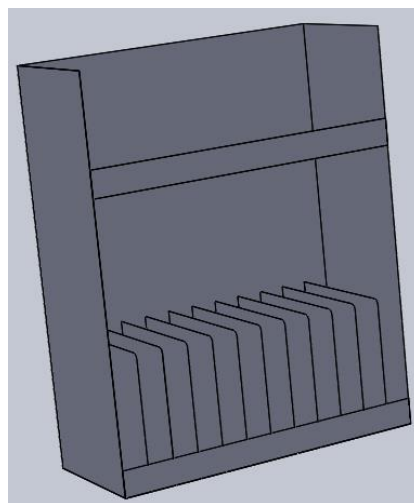


Figura 5.4- Caixa para bits de fixação

Após os bits se encontrarem divididos e devidamente arrumados na caixa, esta será colocada na área correspondente à máquina que pertence, juntamente com as restantes peças.

5.4 REDUÇÃO DO TEMPO DE PROCURA DE FERRAMENTAS

□

Para se encontrar uma solução adequada para este problema, primeiramente, foi aplicada a ferramenta ARIZ da metodologia TRIZ. Na Figura 5.5, é apresentado o processo utilizado para a obtenção da solução ideal.

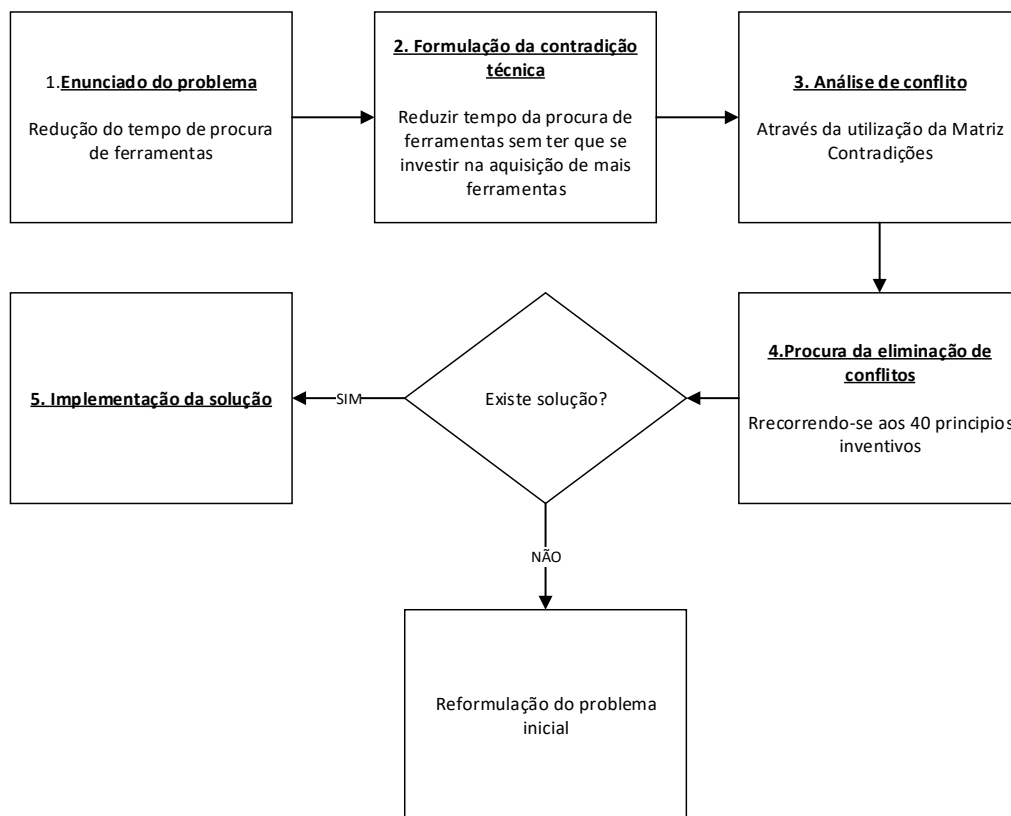


Figura 5.5- Processo realizado para obtenção da solução ideal

Analisando a figura 5.5, para se iniciar o processo foi necessário elaborar o enunciado do problema. De seguida, formulou-se a contradição técnica, que neste caso, é a redução do tempo de procura de ferramentas sem ter que se investir em novas ferramentas. Foi necessário restringir o investimento em novas ferramentas, uma vez que, a aquisição de novas ferramentas para todos os postos de trabalho tornava-se muito dispendiosa e sem grandes benefícios. Posto isto, para a análise do conflito utilizou-se a Matriz de Contradições.

Para se utilizar a Matriz Contradição foi necessário definirem-se os parâmetros técnicos a serem analisados. Estes parâmetros foram obtidos através da análise da contradição técnica e são os seguintes:

25. Perda de tempo – Sendo a procura das ferramentas uma atividade sem valor acrescentado, como tal é considerada uma “perda de tempo”;

16. Acção parcial ou excessiva – Uma vez que a matriz contradições não tem em conta custos, foi considerado este o parâmetro mais adequado para este caso.

Através do cruzamento dos parâmetros na Matriz Contradições, apresentado na Tabela 5.1, foi possível identificar quatro princípios inventivos que poderão resolver o conflito, que são:

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 conjugação com partículas ferromagnéticas.

20 - Continuidade de uma ação útil

- a) Executar uma ação contínua (isto é, sem pausas), onde todas as partes de um objeto operam em plena capacidade;
- b) Remover movimentos ociosos e intermediários.

10 - Ação prévia

- a) Realizar toda ou parte da ação requerida com antecedência;
- b) Organizar os objetos para que eles possam entrar em ação numa posição conveniente.

16 - Ação parcial ou excessiva

Se é difícil a obtenção de 100% de um efeito desejado, alcançar um pouco mais ou menos do que este, a fim de simplificar o problema.

Tabela 5.1-Cruzamento dos parâmetros técnicos para a obtenção das soluções inventivas (adaptado de Altshuler, 2007)

		Parâmetros de engenharia piorados							
		9	10	11	12	13	14	15	16
25	Perda de tempo	-	10, 37, 36, 5	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 28, 18	29, 3, 28, 18	20, 10, 28, 18	28, 20, 10, 16

De todos os princípios inventivos apenas o princípio 10 - Ação Prévia especificamente o ponto b), “organizar os objetos para que eles possam entrar em ação numa posição conveniente” é o ideal para este caso em específico. Adaptando este princípio às ferramentas da metodologia *Lean*, chega-se à conclusão que com a aplicação ferramenta 5S poder-se-á aplicar este princípio inventivo.

Deverá proceder-se à seleção do material necessário, retirar ferramentas partidas e que já não serão utilizadas, havendo assim mais espaço dentro dos armários. Seguido este passo, deverá ser realizada uma limpeza a todo o material bem como o interior do armário, desta maneira o espaço de trabalho fica mais higiénico. Posto isto, as ferramentas deverão ser de novo arrumadas dentro do armário. As ferramentas mais utilizadas ficarão à vista do operador, enquanto que as que raramente são utilizadas (no entanto poderão vir a ser necessárias para um modelo de máquina fora do habitual) ficarão colocadas em locais mais recatados. Nos armários em que seja possível, deverá colocar-se espuma com as formas das ferramentas e etiquetas de identificação, tornando mais fácil para o operador a sua arrumação. Sugere-se também identificação de todas as ferramentas com o número da linha a que correspondem, desta maneira não haverá trocas de ferramentas e perdas de tempo à sua procura.

Por fim, é proposta a formação dos operadores para a importância da organização e limpeza do posto de trabalho. De maneira a analisar a evolução da implementação desta ferramenta é também aconselhada a auditoria periódica dos postos de trabalho para a manutenção e melhoria dos resultados. O formulário desenvolvido para a realização das auditorias 5S encontra-se no anexo K.

Executou-se uma auditoria pré-5S de modo a identificar os pontos não conformes. O resultado obtido desta auditoria foi de 20%, um valor muito baixo, mas que com a aplicação desta ferramenta deverá ser alterado.

5.5 REDUÇÃO DO TEMPO DE ESPERA E DE PROCURA DE FERRAMENTAS ELÉTRICAS

Para o desenvolvimento de uma solução para se reduzir o tempo de espera e de procura por ferramentas elétricas, recorreu-se ao uso da metodologia TRIZ, mais especificamente à ferramenta de Análise Substância-Campo.

No presente caso de estudo, definiu-se como campo C1 o processo de montagem. Por outro lado, foi definida a substância como sendo as S2 como os recursos na linha de montagem, ou seja, os operadores e S3 como as ferramentas elétricas existentes nas linhas de montagem.

De acordo com os quatro modelos base, concluiu-se que o sistema atual é ineficiente. De facto, após a análise do estado do processo de montagem apresentado no subcapítulo, foram identificadas oportunidades de melhoria, como tal, a eficiência do mesmo pode ser aumentada. Na Figura 5.6 é possível observar o sistema anteriormente descrito.

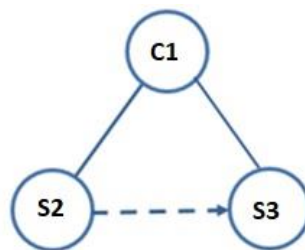


Figura 5.6- Sistema ineficiente

Como tal, a solução encontrada passa pela alteração da substância S3 por uma nova substância designada por S4. Esta nova substância visa criar um impacto positivo no sistema e representa a segunda solução do conjunto de soluções gerais condensadas, esta alteração é verificada na Figura 5.7.

A nova substância S4 consiste no aumento do número de ferramentas elétricas nas linhas de montagem. Tendo em conta que existem seis linhas de montagem, e apenas existem seis ferramentas elétricas disponíveis para as mesmas, deve-se pelo menos, acrescentar mais seis aparafusadoras, por forma a que todos os operadores da linha de montagem tenham uma parafusadora.

Ao modificar-se esta substância há uma eliminação de todos os elementos não cíclicos referentes à espera ou procura de ferramentas elétricas e logo o tempo das atividades que continham estes elementos também irá diminuir, o que em consequência e num panorama geral, fará com que o tempo de ciclo da UTA decresça.



Figura 5.7- Alteração da substância S1 por S3

5.6 REDUÇÃO DAS DESLOCAÇÕES AO ARMAZÉM

Para auxiliar na resolução deste problema, é utilizada, mais uma vez, a metodologia TRIZ em concreto a Matriz da Idealidade. Esta ferramenta, após a realização de um brainstorming, consiste numa matriz que ajuda a identificar as interações entre os requisitos técnicos. Estas interações podem ser negativas - assinaladas com o “-“, positivas - assinaladas com “+“ mas também poderão ser neutras. Neste último caso não existe qualquer tipo de sinal. Após análise foram identificados os seguintes requisitos técnicos que são influenciados com as deslocações ao armazém:

1. Produtividade
2. Disponibilidade de materiais
3. Duração da operação
4. Disponibilidade da mão de obra da linha
5. Custo de materiais

Utilizando cinco os requisitos anteriormente definidos, foi construída a Matriz da Idealidade que se encontra apresentada na Tabela 5.2.

Tabela 5.2-Matriz da Idealidade

Parâmetros	1	2	3	4	5
1.Produtividade		-		-	
2.Disponibilidade de materiais	+				+
3.Duração da operação	-			-	
4. Disponibilidade da mão de obra da linha	+		+		
5.Custo de materiais		-			

Após análise pormenorizada dos parâmetros idealizados, resta apenas calcular o nível de idealidade:

$$\text{Nível de idealidade} = \frac{n^{\circ} \text{ de funções positivas}}{n^{\circ} \text{ de funções negativas}} = \frac{4}{5} = 0,80 \quad (2.1)$$

Verifica-se então que o nível de idealidade é menor que 1, uma vez que, existe um maior número de interações negativas. Existem então possibilidades de melhorar este valor.

De maneira a reduzir a frequência de idas ao armazém, é proposta a criação de uma área ou gaveta dentro do armário de cada linha de produção onde se possam armazenar pequenas quantidades de ferragens. Estarão aí armazenadas, essencialmente, as ferragens que são mais utilizadas em todas as máquinas independentemente do seu modelo. Associando esta proposta às ferramentas *Lean*, propõe-se então a criação de supermercado de produção.

O processo irá desencadear-se da seguinte forma: o operador do armazém, no início do dia de trabalho, ou num período a ser combinado com o responsável de armazém, deverá dirigir-se a cada linha de montagem e verificar se a quantidade de ferragens é suficiente. Para um controlo mais eficiente dos materiais em causa, será usada a ferramenta *Kanban* de reposição. Como tal, cada caixa que contém as ferragens, irá ter no seu interior uma marca vermelha. Sempre que o operador do armazém for verificar a quantidade de ferragens e as mesmas estiverem abaixo da marca, ele saberá que essas peças terão que ser reabastecidas. Para facilidade de reabastecimento cada caixa irá conter o *part number* da peça.

5.7 MELHORIA DE COMUNICAÇÃO INTERNA

Para a melhoria da comunicação interna, propõem-se a aplicação da ferramenta de gestão visual. Esta ferramenta será aplicada através da criação de quadros de informação. Nestes estarão afixadas informações sobre processos, regras de trabalho e o estado das linhas de produção em tempo real.

A aquisição de dois quadros brancos magnéticos será o passo inicial, posto isto, os quadros terão que ser posicionados num local onde todos os trabalhadores possam analisar com clareza as informações nos mesmos expostas, de preferência, colocados em local isento de ruído. Os quadros deverão possuir as seguintes categorias:

- **Comunicados urgentes** – Nesta secção serão afixados comunicados de “última hora”. Estes poderão ser acerca de alterações na montagem de alguma máquina, ou acerca de peças que estão em atraso de entrega. Nestes casos, o comunicado deverá conter no cabeçalho a negrito e com tipo de letra destacado o número da máquina, por forma a que os operadores saibam se se trata ou não, da máquina em que estão a trabalhar (figura 5.9). Desta maneira diminui-se a probabilidade de existência de re-trabalhos.

- **Regras de funcionamento e de segurança** – Deverão ser afixados avisos tais como a proibição de fumar, proibição de trabalhar sobre o efeito de bebidas alcoólicas, entre outros. Estes já se encontram expostos, no entanto não são visíveis nem perceptíveis tal como é possível ver na Figura 5.8. Estão também afixados na fábrica alguns avisos acerca da utilização de equipamentos de proteção individual, no entanto, tais como os anteriores, não se encontram expostos em sítios visíveis aos trabalhadores, como tal deverão ser também afixados neste quadro.



Figura 5.8- Avisos afixados

- **Indicadores de desempenho** – Indicadores de desempenho ou KPIs são informação quantitativa que reflete o estado os processos de uma empresa. Hoje em dia, os KPIs são muito importantes não só para o planeamento e controlo de produção, mas também apoio à gestão de topo (Meier e Stewart, 2013).

Uma vez que o trabalho é manual não há maneira de se obter dados em tempo real, pelo que, a atualização dos indicadores deverá ser feita mensalmente. Atualmente, não estão implementados qualquer tipo de indicadores, pelo que se sugere a implementação dos seguintes:

1. **Produtividade** - Uma das métricas essenciais de uma fábrica relaciona-se com a quantidade de produto fabricado. Neste caso, a contagem seria do número de máquinas produzidas no decorrer do mês, poder-se-á também comparar o número de máquinas produzidas por linha de montagem, invocando assim, um espírito competitivo entre os funcionários.
2. **Produtividade parcial** – Relaciona o *output* do processo apenas com o *input* (Thor & Christopher, 1993). Neste caso, o input considerado corresponderá à força de trabalho alocada em cada linha de montagem, tal como demonstrado na equação 2.6.

$$\text{Produtividade parcial} = \frac{N^{\circ} \text{ de máquinas produzidas na linha de montagem}}{N^{\circ} \text{ de trabalhadores alocados na linha de montagem}} \quad (2.6)$$

3. **Taxa de defeitos** – De maneira a avaliar a qualidade das máquinas expedidas para o cliente, é necessário saber a evolução da taxa de defeitos para se poder prestar o melhor serviço possível. A taxa de defeitos seria calculada através da seguinte equação:

$$\text{Taxa de defeitos} = \frac{N^{\circ} \text{ de máquinas com defeito}}{N^{\circ} \text{ total de máquinas produzidas}} * 100 \quad (2.7)$$

4. **Tempo de ciclo** – Para todos os trabalhadores poderem estar a par do tempo de ciclo de produção das máquinas favorecendo um melhor planeamento organizacional, é sugerida a implementação deste mesmo indicador. Os tempos seriam expostos estando divididos por modelo de máquina e de seguida explícitos quantos módulos contêm, uma vez que nem todas as máquinas do mesmo modelo são iguais.

5. **Número de acidentes em trabalho** – Para consciencializar os trabalhadores acerca da importância da segurança e higiene no local de trabalho, é sugerida a aplicação deste índice de desempenho. O objetivo da exposição deste indicador é o fomento e incentivo à adoção de comportamentos seguros no local de trabalho.

- **Organização, ordem e limpeza** – Tal como sugerido no subcapítulo 4.2, deverão ser realizadas auditorias periódicas aos postos de trabalho para avaliar a evolução da implementação da ferramenta 5S. Os resultados obtidos através dessas auditorias deverão ser expostos neste quadro de gestão visual. A implementação desta categoria tem como objetivo consciencializar os trabalhadores para a importância de um local de trabalho arrumado e limpo, e para analisarem os frutos obtidos da sua aplicação.
- **Elogios** – Serão afixados elogios feitos por parte da organização e por parte dos clientes relativas a uma máquina produzida e/ou ao serviço de assistência técnica realizado. Esta categoria irá contribuir para que os operadores se sintam parte integrante do processo, através do *feedback* atribuído. O *feedback* eficaz ajuda o trabalhador a melhorar seu desempenho, facilitando a conquista de seus objetivos pessoais como os da empresa.

Na Figura 5.9 é possível ver um exemplo ilustrativo do quadro de gestão visual de informações com as categorias acima descritas.

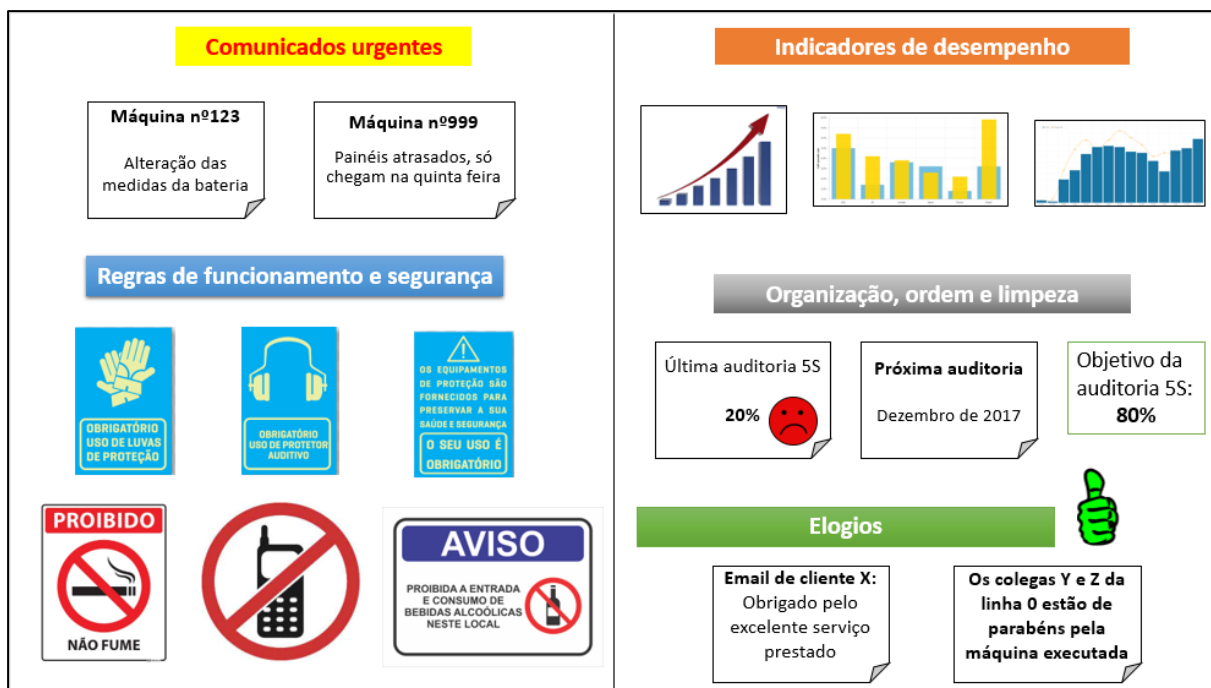


Figura 5.9- Quadro de gestão visual de informação ilustrativo

5.8 REDUÇÃO DE DEFEITOS

Para a redução de defeitos propõe-se a implementação de um sistema de avaliação que será aplicado por parte do engenheiro da qualidade aquando a inspeção final das máquinas.

Como tal, o auditor tem que responder a quatro questões, que se encontram apresentadas no anexo L. A cada resposta está atribuída uma pontuação.

Após o auditor responder ao questionário, será realizado o somatório das pontuações. No final do ano, aquando da escolha do trabalhador mais produtivo estas pontuações irão influenciar a escolha, uma vez que irão diminuir ou aumentar o valor da produtividade através e conforme a tabela 5.3. Os valores apresentados na tabela são meramente sugestivos, após análise por parte da direção poderão ser alterados.

Tabela 5.3- Influência das pontuações das auditorias no prémio de produtividade

Pontuação final das auditorias	Influência no valor da produtividade
0-25	+10%
26-50	-5%
51-75	-10%
76-100	-15%
+100	-20%

Fazendo um pequeno resumo da tabela 5.3, os trabalhadores que até ao final de um ano de trabalho obtenham até 25 pontos são “recompensados” com mais 10% de produtividade, a partir de 26 pontos a sua produtividade irá decrescer.

Com a implementação desta auditoria, haverá uma normalização dos processos de trabalho, levando à redução dos defeitos e um aumento de satisfação por parte do cliente.

5.9 MELHORIA DO AMBIENTE ORGANIZACIONAL

Ao longo da observação do processo de montagem e contacto direto com os operadores, foi possível constatar que estes não se encontram motivados por diversas razões referidas sendo estas:

- Falta de *feedback*;
- Dificuldade em expressar opiniões;
- Falta de formação;
- Condições de trabalho inadequadas.

Como tal, é sugerida a aplicação do Modelo Shingo, focando-se principalmente na sua base: os facilitadores culturais (Capítulo 4.3).

Aplicando-se o Modelo *Shingo* é necessário implementar dois princípios base: respeito entre colaboradores e liderança com humildade.

O respeito deverá ser sentido por todos os colaboradores da organização. Naturalmente, para além do respeito pelos colaboradores, deverá haver respeito pelos clientes, fornecedores, comunidade e sociedade em geral. Existem diversas maneiras de desenvolver comportamentos que fomentam o respeito, mas os que mais se destacam são:

- Envolvimento de todos os colaboradores nos processos:

É possível manter os funcionários a par das metas e resultados obtidos através do quadro de gestão visual apresentado no subcapítulo 5.7, onde estão expostas informações relevantes, resultados de auditorias 5S e também indicadores de desempenho.

Quando os trabalhadores têm objetivos e metas bem traçados, bem como dados em tempo real da sua contribuição para a empresa, tornam-se mais motivados levando a organização a outro nível (Shingo Institute, 2014).

- Aposta na formação e desenvolvimento pessoal:

Respeitar cada individuo inclui formá-lo, como tal, liderança deve então apostar e comprometer-se na formação.

Uma vez que não têm sido cumpridas as regras de Segurança e Saúde no Trabalho propõe-se o desenvolvimento de formações acerca deste mesmo tema, para consciencializar os operadores dos riscos do seu trabalho e da importância do uso de equipamento de proteção individual. Em termos de desenvolvimento pessoal sugere-se também o desenvolvimento de formações de Língua Inglesa para os colaboradores. Muitos destes não têm a escolaridade mínima, no entanto, demonstraram uma grande vontade de continuar a aprender.

Ao se apostar na formação e desenvolvimento os colaboradores, sentirão que importam, e que podem fazer a diferença na organização com as novas ferramentas que lhes foram ensinadas.

- Desenvolver e assegurar um ambiente de trabalho seguro:

Tendo em conta as presentes condições de trabalho, é urgente fazer alterações de maneira a tornar-se num ambiente seguro e confortável. Sugere-se então, a instalação de ventilação na zona da produção. Assim haverá uma renovação do ar bem como climatização da zona de produção.

Para além disto, toda a iluminação deverá ser substituída e renovada. É também necessário desenvolver focos de luz direcionados exclusivamente para as linhas de montagem, desta maneira será uma iluminação extra em dias mais escuros.

Uma característica comum entre os líderes das organizações deverá ser a humildade, tal como referido anteriormente. Um líder deverá saber ouvir e respeitar as sugestões e opiniões dos seus colaboradores, e em retorno deve dar o seu *feedback*

A implementação do quadro de gestão visual, abrirá portas à comunicação. No entanto esta será uma comunicação unilateral, onde os colaboradores recebem informação e *feedback*. É preciso também os colaboradores terem a possibilidade de dar também o seu *feedback* e apresentar as suas ideias. Como tal, a gestão de topo tem de ter abertura para ouvir os todos os colaboradores e manter esta linha de comunicação sempre aberta, de maneira a que todas as ideias e informações possam fluir dentro da organização sem esbarrar em qualquer tipo de restrição hierárquica.

Uma vez que a gestão de topo se encontra localizada na unidade de Alverca, sugere-se que esta faça visitas regulares à unidade fabril de Povos. Marcações de reuniões mensais com todos os trabalhadores também deverão ser consideradas, de maneira a todos estarem ocorrentes das novidades da organização. Propõe-se também a realização de eventos sociais, assim, é possível haver um convívio entre todos os colaboradores da organização onde seja possível partilhar opiniões e debater novas ideias, mas também desenvolver um sentimento de união e de grupo.

Para se conseguir manter os princípios de respeito e liderança é necessário haver uma relação saudável não só entre todos os colaboradores e a gestão de topo, mas também com todas as partes interessadas do negócio.

É necessário explicar que as restantes três dimensões do modelo *Shingo* apresentadas no subcapítulo 2.2.3, melhoria contínua, alinhamento da empresa, e resultados, também são abordados, mas de maneira indireta ao longo deste trabalho. No entanto, para a presente oportunidade de melhoria considerou-se adequado apenas abordar a primeira dimensão pois é esta que se adequa ao problema identificado.

6. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Atualmente, das nove propostas de melhoria, apenas uma proposta se encontra implementada na sua plenitude, sendo esta a aquisição de mais ferramentas elétricas. Existem também algumas propostas que se encontram a ser implementadas, mas que, no entanto, ainda não estão a funcionar na sua totalidade. As restantes encontram-se em análise por parte da direção.

Na tabela 6.1 estão resumidos os principais impactos a esperar com a implementação das propostas de melhoria, bem como em que estado de implementação elas se encontram.

Tabela 6.1- Propostas de melhoria, os seus impactos e estado de implementação

Proposta de melhoria	Impacto	Estado de implementação		
		Em análise	Em execução	Concluída
Alteração do tipo de autocolante de identificação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Redução do tempo do elemento cíclico o1 em 50%; ✓ Redução do tempo de ciclo em 1%; ✓ Redução do tempo de atividades cíclicas em 1,3%. 	✓		
Alteração do tipo de fita cola das portas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Redução do tempo do elemento cíclico z1 em 50%; ✓ Redução do tempo de ciclo em 1%; ✓ Redução do tempo de atividades cíclicas em 1,3%. 	✓		
Organização do exterior do armazém e fabrico da caixa de armazenamento de bits de fixação	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eliminação dos elementos de atividade não cíclicos b2, d2, h2, oo3 e hh3; ✓ Redução do tempo de ciclo da montagem das peças em 15%. ✓ Redução do tempo de atividades não cíclicas em 97%; 		✓ ⁽¹⁾	
Organização dos postos de trabalho	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ambiente de trabalho mais organizado, limpo e seguro para o operador; ✓ Aumento da satisfação dos funcionários. 		✓ ⁽²⁾	

Tabela 6.1- Propostas de melhoria, os seus impactos e estado de implementação (continuação)

Aquisição de mais ferramentas elétricas	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Eliminação dos elementos de atividade não cíclicos a2 e j2; ✓ Redução do tempo total de elementos não cíclicos em 1%; ✓ Aumento da satisfação dos funcionários. 			✓
Implementação de um supermercado de produção e sistema kanban	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Redução do tempo de das atividades não cíclicas em 1%; ✓ Posto de trabalho mais completo e organizado. 	✓		
Implementação de um quadro de Gestão Visual	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Melhor gestão e controlo dos processos, através de informação atualizada; ✓ Comunicação eficiente e transversal; ✓ Envolvimento de todos os colaboradores nos processos; ✓ Redução de erros. 	✓		
Implementação de um modelo de auditoria da qualidade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Normalização dos processos de trabalho; ✓ Diminuição da taxa de defeitos (impossível quantificar uma vez que não existem dados relativos aos mesmos); ✓ Colaboradores focados na qualidade do trabalho que fornecem; ✓ Aumento da satisfação do cliente; ✓ Aumento dos lucros. 	✓		
Aplicação dos fundamentos base do Modelo Shingo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Melhoria do ambiente de trabalho baseado no respeito pelos outros; ✓ Melhoria das condições de trabalho; ✓ Formação de trabalhadores; ✓ Aumento do nível de satisfação dos colaboradores devido ao envolvimento instituído; ✓ Melhoria do fluxo de informação; ✓ Aumento de produtividade. 	✓		

(1) Encontra-se em vias de implementação, os materiais já se encontram agregados por número de máquina na zona exterior ao armazém.

(2) Foi realizada apenas a triagem, organização e limpeza aos postos de trabalho de alguns postos de trabalho.

O presente estudo tinha como principal objetivo a melhoria da eficiência do processo de montagem. Através de uma análise quantitativa dos impactos esperados da aplicação das propostas

de melhoria conclui-se que esse objetivo será cumprido. Os valores encontram-se apresentados na tabela 6.2.

Tabela 6.2- Análise pormenorizada dos impactos das propostas de melhoria

Proposta de melhoria	Tempo de ciclo (horas)		
	Antes	Depois	Melhoria
Alteração do tipo de autocolante de identificação	44,72	44,31	-1%
Alteração do tipo de fita cola das portas	44,72	44,31	-1%
Organização do exterior do armazém e fabrico da caixa de armazenamento de bits de fixação	44,72	38,07	-15%
Organização dos postos de trabalho	44,72	44,65	----- (3)
Aquisição de mais ferramentas elétricas	44,72	44,59	----- (3)
Implementação de um supermercado de produção e sistema <i>Kanban</i>	44,72	44,63	----- (3)
TOTAL			-17%

(3) Valores muito próximos de 0%. No entanto, na ótica de melhoria continua, todas estas propostas devem ser implementadas de maneira a haver um fluxo de valor contínuo.

Com a implementação das melhorias propostas haverá uma redução de 16% do tempo de ciclo da produção da máquina em questão. O tempo de ciclo será reduzido em cerca de 7,60h um valor muito próximo a um dia de trabalho, tal como se apresenta na figura 6.1.

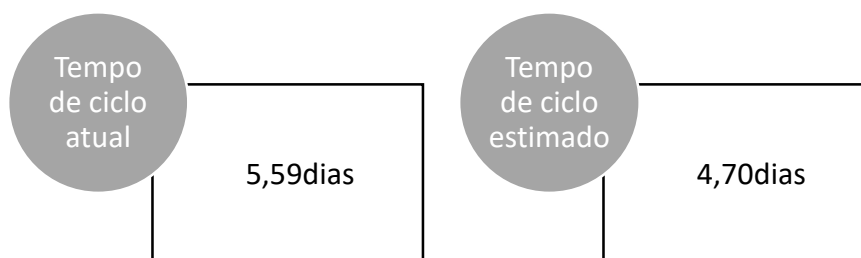


Figura 6.1 - Melhoria do ciclo de tempo com a implementação das propostas

Os 17% de tempo poupado poderão ser utilizados para o fabrico de mais máquinas iguais à estudada. Anualmente, aplicando as melhorias propostas, será possível fabricar mais 9 máquinas destas. Por outro lado, será possível fabricar outros modelos de máquinas mais pequenos que têm um tempo de ciclo menor. Desta maneira haverá um aumento de produtividade e por consequente de lucros.

Algumas das propostas de melhoria contribuem para a redução do tempo de ciclo. O tempo de atividades não cíclicas será reduzido em 17%, tal como é visível na figura 6.2. O valor irá reduzir devido à eliminação de sete elementos de atividade não cíclicos, sendo eles o a2,b2,h2,j2,oo3 e hh3.

No anexo M, encontra-se apresentado o novo esquema de atividades e elementos de atividade esperado após a implementação das melhorias.

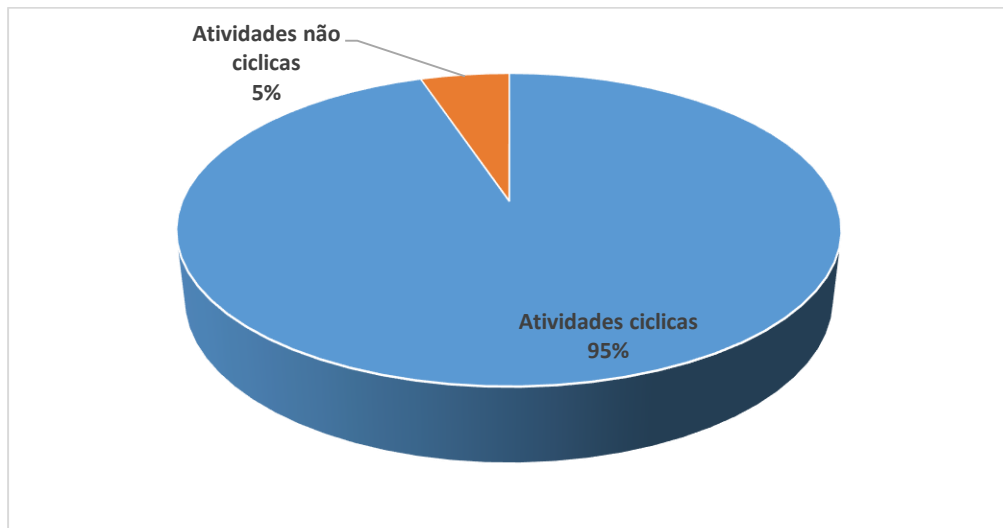


Figura 6.2- Divisão de atividades por tempo de ciclo

Os resultados deste estudo poderão auxiliar no cálculo do tempo de ciclo de outros modelos de máquinas, especialmente, se as peças foram semelhantes às que foram estudadas. O que se torna uma mais valia para a empresa, que adaptando estes resultados, poderá calcular variados tempos de ciclo.

7. CONCLUSÕES

Nos tempos atuais, os problemas que se levantam na indústria são cada vez mais complexos, tanto a nível organizacional como a nível de processos tecnológicos e de produtos. Para ultrapassar estas dificuldades, é necessário incentivar as organizações implementarem a melhoria contínua. Para além da aposta na melhoria contínua, é preciso que as empresas sejam cada vez mais inovadoras procurando novas metodologias de gestão e organização empresarial.

Caracterizada pela sua elevada competitividade, a indústria metalomecânica, no ano 2014, representou cerca de 18% do PIB nacional e apresentou uma taxa de 30% de exportações (INE, 2014). Este setor tem um elevado potencial de crescimento. Para reforçar a competitividade das empresas, é importante que as mesmas melhorem os processos de fabrico e reduzam custos, para fazer face aos desafios e à concorrência interna e externa.

O presente estudo foi realizado na empresa Sandometal S.A, uma empresa especializada em metalomecânica e no fabrico de unidades de tratamento de ar. O principal objetivo do estudo realizado consistiu na melhoria de um processo de montagem através do aumento da eficiência do mesmo.

Para atingir tal objetivo, inicialmente fez-se uma análise do processo de fabrico utilizando conceitos de Estudo dos Tempos. Feita a divisão de elementos foi realizada a cronometragem dos mesmos, posto isto, foram calculados os tempos normais para todos os elementos de atividade. Analisando os resultados obtidos foram encontradas oportunidades de melhoria, sendo estas as seguintes: i) alteração do autocolante de identificação de peças; ii) alteração da fita cola que envolve as portas; iii) redução dos tempos de procura de peças; iv) redução dos tempos de ferramentas; v) redução dos tempos de espera e de procura de ferramentas elétricas e por fim, vi) redução das deslocações ao armazém.

Para além da identificação de oportunidades de melhoria aplicando as ferramentas de Estudo dos Tempos, foi também realizada a observação direta de todo o processo de montagem. Foram então identificadas três oportunidades de melhoria sendo elas, a melhoria da comunicação interna, a redução de defeitos e por último, a melhoria do ambiente organizacional.

Para reduzir o tempo de procura de peças foi sugerida a aplicação da ferramenta 5S para a arrumação do chão de fábrica junto ao armazém. Assim, cada máquina terá as suas peças organizadas numa área respetiva, fazendo com que o operador encontre as peças correspondentes à máquina que procura mais rapidamente. Como tal, cada objeto estará no seu lugar.

O algoritmo ARIZ foi utilizado para o desenvolvimento de uma proposta de melhoria para a redução dos tempos de procura de ferramentas. A solução gerada apontou para a aplicação da filosofia *Lean*. Chegou-se à conclusão que a solução “ideal” será a aplicação da ferramenta 5S.

Para o desenvolvimento de uma proposta de melhoria de maneira a reduzir o tempo de espera e procura por ferramentas elétricas, foi utilizada outra ferramenta analítica da TRIZ, neste caso, a análise Substância-Campo. A solução mais viável para este caso passa pela aquisição de mais ferramentas elétricas. Assim, todos os operadores estarão munidos de ferramentas elétricas reduzindo assim o tempo de procura das mesmas. Outro fator importante passa pelo aumento da satisfação dos operadores, ficando agora equipados com ferramentas para a realização do seu trabalho. Os operadores sentiram-se valorizados uma vez que, a empresa teve como objetivo a melhoria dos seus postos de trabalho.

Com o objetivo de reduzir as deslocções até ao armazém, inicialmente utilizou-se a Matriz da Idealidade de maneira a aferir o estado deste processo. Neste caso, tal como esperado, foram identificadas algumas oportunidades de melhoria. A implementação de um supermercado de produção aliado com a ferramenta *Kanban* foi a solução encontrada. Numa produção que contém diversos números de referências de componentes, a aproximação da matéria prima aos postos de trabalho evita assim deslocamentos desnecessários.

Tendo em vista a melhoria da comunicação interna, foi desenvolvido um quadro de gestão visual, como objetivo de informar os operadores acerca de informações relevantes para todos os trabalhadores. Desta maneira, eles manter-se-ão sempre atualizados e informados acerca do estado da produção. Ao se apostar numa política de comunicação interna os colaboradores sentir-se-ão valorizados e fará com que estes trabalhem em prol do sucesso e competitividade da empresa. A comunicação interna tem, então, um papel estratégico na gestão dos recursos humanos e na estratégia da organização, na divulgação da missão, cultura e projeto, tendo em conta as diferenças individuais e maximizando as relações existentes.

Para a redução de defeitos desenvolveu-se um modelo de auditoria da qualidade. Este modelo contribuirá para a normalização dos processos de fabrico. Para além disso, os trabalhadores seguirão os padrões de qualidade existentes, levando a cabo o espírito *Lean* de “fazer bem à primeira”. Com esta medida prevê-se um aumento de satisfação do cliente que conseqüentemente reduz os custos acarretados pela empresa para a resolução de eventuais defeitos.

Finalmente, com vista o aumento da motivação dos trabalhadores, foi proposta a aplicação das bases do Modelo de Shingo Como tal, devem ser implementados dois grandes princípios: respeito e liderança com humildade.

Para se alcançar o primeiro princípio é essencial envolver todos os colaboradores nos processos, quando estes se sentem parte integrante da empresa tornam-se mais motivados e produtivos. De seguida será necessário apostar na formação, uma vez que, respeitar cada indivíduo inclui formá-lo e acompanhar todo o seu desenvolvimento. A liderança deve apostar e comprometer-se na formação de todos os colaboradores, desta forma, poderão desenvolver-se profissionalmente e pessoalmente, mas acima de tudo, contribuir ativamente para o desenvolvimento da organização. Assim, os trabalhadores poderão realizar outros tipos de tarefas e assumir mais responsabilidades. Com isto, os trabalhadores sentirão que importam pois foram realizados investimentos na sua formação. Para além disto, para

haver respeito dentro da empresa, todos os colaboradores deverão ter condições de trabalho adequadas e favoráveis à realização do seu trabalho, como tal, é necessário melhorar os postos de trabalho.

Por fim, para se liderar com respeito é necessário que o líder, para além de ser ouvido, tenha a capacidade de ouvir. Como tal, as vias de comunicação interna devem estar sempre abertas de maneira a que todos os colaboradores possam expressar as suas opiniões e ideias.

Para que as propostas de melhoria tenham uma elevada taxa de sucesso é necessário formar os trabalhadores acerca das mesmas. De nada serve desenvolver um sistema robusto de melhoria contínua, e que até facilite a participação de todos, se estes não estiverem motivados para tal. Sendo uma empresa cujos trabalhadores têm alguma resistência a novas ideias é importante que estes sejam informados acerca das melhorias que as propostas poderão trazer ao seu trabalho e para a empresa em geral.

Algumas propostas já se encontram implementadas, outras encontram-se em vias de implementação ou a serem analisadas por parte da direção.

Caso todas as melhorias sugeridas sejam implementadas, o tempo de ciclo diminuirá em 17%, havendo um aumento de produtividade e consequentemente de lucros. Para além disto, haverá melhorias no ambiente organizacional que contribuirão também para o aumento da produtividade.

Este estudo da utilização conjunta de conceitos de Estudo do Trabalho, da metodologia TRIZ e de ferramentas analíticas *Lean* revelou grande potencial e utilidade prática na empresa Sandometal, S.A.

Numa primeira etapa, as ferramentas de Estudo do Trabalho identificaram os elementos de atividade que não acrescentavam valor ao processo. De seguida, a aplicação conjunta das metodologias TRIZ e ferramentas analíticas *Lean* permitiram desenvolver soluções para a redução e eliminação dos desperdícios.

7.1 LIMITAÇÕES DO ESTUDO

Referindo agora as limitações encontradas no decorrer deste estudo, é necessário referir que a precisão do mesmo foi afetada pela quantidade de dados recolhidos, como tal o nível de significância escolhido foi de 10%. Se fosse escolhido um nível de 1% ou 5% os dados recolhidos não seriam suficientes para desenvolver o presente estudo, muito deve-se ao elevado tempo que as máquinas demoram a ser montadas.

Por outro lado, devido às limitações em termos de divulgação de informação, não foi possível apresentar na dissertação um valor concreto do ganho monetário.

Por fim, outra limitação encontrada durante o estudo prendeu-se com a quantificação do ganho associados à implementação das medidas que visam melhorar o ambiente organizacional. Uma vez que não há maneira de quantificar e é um assunto algo subjetivo.

Apesar destes aspetos, considera-se que globalmente as limitações indicadas não comprometeram de forma significativa o estudo efetuado. O estudo desenvolvido mostrou-se representativo com os dados existentes na organização.

7.2 TRABALHOS FUTUROS

Dado que o presente estudo se encontra inserido numa ótica de melhoria contínua, é importante que o trabalho seja continuado. Após a implementação das melhorias propostas, o estado do processo deve ser avaliado periodicamente, facilitando assim, a aferição da eficiência do mesmo.

Para trabalhos futuros revela-se importante a extensão do presente estudo para outros modelos de máquinas. Poderá ser importante o mapeamento do fluxo de valor, tendo como principal objetivo o diagnóstico acerca do fluxo de valor existente na empresa. Este mapeamento deverá ser executado nas duas unidades de produção, em Alverca e Povos.

A aplicação da Teoria das Restrições (TOC) para produtos altamente variáveis como é o caso das unidades de tratamento deverá ser algo a ser considerado uma vez que haverá uma maior precisão no cálculo do tempo de ciclo de cada modelo de máquina.

8. BIBLIOGRAFIA

- Aft, L. (2000). *Work Measurement and Methods Improvement*. USA - New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Altshuller, G. (2007). *The Innovation Algorithm*. USA - Massachusetts: Technical Innovation Center, Inc.
- Arvinte, M., Suci, E., Apreutesei, M., & Munteanu, D. (2010). Application of Kanban System for Managing Inventory. *Bulletin of the Transilvania University of Bracov*, 52(3).
- Ball, L. (2009). *Triz Power Tools: Resolving Problems*. USA - New York: Larry Ball.
- Barnes, R. (1977). *Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho*. Brasil - São Paulo: Edgar Blucher Ltd.
- Buffa, E. (1972). *Operations Management: problems and models*. USA - New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Canadian Centre for Occupational Health and Safety. (2016). *Lighting Ergonomics*. Retrieved March 11, 2017, from http://www.ccohs.ca/oshanswers/ergonomics/office/eye_discomfort.html
- Coimbra, E. (2009). *Total Flow Management: Achieving Excellence with Kaizen and Lean Supply Chains*. Portugal - Amadora: Kaizen Institute.
- Curvello, J. (2012). *Comunicação Interna e Cultura Organizacional*. Brasil - Brasília: Casa das Musas.
- Decreto-Lei nº243/86 (20 de Agosto de 1986). Regulamento Geral de Higiene e Segurança do Trabalho nos Estabelecimentos Comerciais, de Escritório e Serviços, Pub. L. No. Diário da República nº190, 2099.
- Direção-Geral de Saúde. (2016). *Qualidade do Ar Interior*. Retrieved 25 March, 2017, from <https://www.dgs.pt/delegado-de-saude-regional-de-lisboa-e-vale-do-tejo/programas--projetos--grupos-tecnicos/saude-ambiental/qualidade-do-ar-interior.aspx>
- Ekmekci, I., & Koksall, M. (2015). Triz Methodology and an Application Example for Product Development. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 195, pp.2689–2698. DOI: 10.1016/j.sbspro.2015.06.481
- Falkowski, P., & Kitowski, P. (2013). The 5S methodology as a tool for improving organization of production. *PhD Interdisciplinary Journal*, (4), pp.127–133.
- Gadd, K. (2011). *TRIZ for Engineers: Enabling Inventive Problem Solving*. USA - New York: John Wiley & Sons.
- Gupta, S., & Jain, S. (2011). A literature review of lean manufacturing. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 13(8), pp.241–249. DOI: 10.1080/17509653.2013.825074
- Hall, R. (1987). *Attaining Manufacturing Excellence: Just-in-time, Total Quality, Total People Involvement*. USA - Minnesota: Dow Jones-Irwin.

- Health and Safety Executive. (2012). *Noise at work: A brief guide to controlling the risks*. HSE. Retrieved 9 June, 2017, from <http://www.hse.gov.uk/asbestos/index.htm>
- Ikovenko, S., & Bradley, J. (2004). TRIZ as a Lean Thinking Tool. Presented at the ETRIA TRIZ Future Conference. Italy - Florence.
- International Labour Office (ILO). (1984). *Introdução ao Estudo do Trabalho*. Portugal - Lisboa: Editora Portuguesa de Livros Técnicos e Científicos, Lda.
- Junior, M. (2010). Variations of the kanban system: Literature review and classification. *International Journal of Production Economics*, 125, pp.13-21.
- Kim, C, Hayman, J., Lash, K., Lawrence, T., & Billi, J. (2007). The application of lean thinking to the care of patients with bone and brain metastasis with radiation therapy. *Journal of Oncology Practice*, 3 (4), pp. 191–193.
- Koskela, L. (1992). *Application of the new production philosophy to construction*. Center for Integrated Facility Engineering. USA - Palo Alto: Stanford University.
- Kouzes, J., & Posner, B. (1991). *O desafio da liderança*. Brasil - Rio de Janeiro: Campus.
- Liker, J., & David, M. (2007). *O Modelo toyota: manual de aplicação*. Brasil - Porto Alegre: Bookman.
- Mazur, G. (1995). Theory of Inventive Problem Solving. Retrieved February 1, 2017, from <http://www.mazur.net/triz/>
- Meier, H., Lagemann, H., Morlock, F., & Key, C. (2013). Performance Indicators for assessing the planning and delivery of industrial services. *Procedia CIRP*, 11, pp.99–104.
- Meyers, F., & Stewart, J. (2002). *Motion and Time Study for Lean Manufacturing*. USA - New Jersey: Prentice Hall.
- Monden, Y. (1998). *Toyota Production System - An Integrated Approach to Just-In-Time*. USA - Norcross.
- Monks, J. (1987). *Operations Management: Theory and Problems (3ª)*. Singapura: McGraw-Hill International Editions.
- Moscovici, F. (2000). *Desenvolvimento interpessoal*. Brasil - Rio de Janeiro: Editora José Olympio.
- Navas, H. (2011). Inovação sistemática e manutenção lean. *Manutenção*, (110), pp.73–75.
- Navas, H. (2013). TRIZ Uma metodologia para a resolução de problemas. *Guia de Empresas Certificadas*, Lisboa - Portugal: Cempalavras Comunicação Empresarial, Lda.
- Navas, H. (2014a). Fundamentos do TRIZ - Parte II - Níveis de Inovação. *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº51 - Maio 2014 - Vida Económica*.
- Navas, H. (2014b). Fundamentos do TRIZ - Parte IV - Análise de Recursos. *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº53 - Julho 2014 - Vida Económica*.
- Navas, H. (2014c). Fundamentos do TRIZ - Parte VIII - Modelo Substância-Campo. *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº57 - Dezembro 2014 - Vida Económica*.

- Navas, H. (2015). Fundamentos do TRIZ- *Parte IX - Algoritmo de resolução inventiva de problemas (ARIZ)*. *Inovação & Empreendedorismo Newsletter nº 58 - Março 2015 - Vida Económica*.
- Navas, H. (2017). Problem Solving and Increase of Ideality. *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems - New Findings and Approaches*, pp. 305–326.
- Navas, H., Tenera, A., & Machado, V. (2015). Integrating TRIZ in Project Management Processes: An ARIZ Contribution. *Procedia Engineering*, 131, 224–231.
- Niebel, B. (2003). *Methods, Standards and Work Design*. USA - New York: McGraw-Hill.
- Oakland, J. (2014). *Total Quality Management and Operational Excellence: Text With Cases*. United Kingdom - London: Routledge.
- Ohno, T. (1988). *The Toyota Production System: Beyond Large Scale-Production*. USA - Oregon: Productivity Press.
- Pimentel, A. (2013). *Considerações sobre a TRIZ e sua aplicação no desenvolvimento de software*. Brasil - Paraná: Centro Federal de Educação Tecnológica Do Paraná.
- Pinto, J. (2009). *Pensamento Lean (1ª)*. Portugal - Lisboa: Lidel - Edições técnicas.
- PRONACI. (2003). *Métodos e Tempos*. Portugal - Lisboa: Associação Empresarial de Portugal - Câmara de Comercio e Indústria.
- Rantanen, K., & Domb, E. (2010). *Simplified TRIZ: New Problem Solving Applications for Engineers and Manufacturing Professionals*. USA - Boca Raton: CRC Press.
- Rocha, J. (2007). *Gestão de Recursos Humanos na Administração Pública*. Portugal - Lisboa: Escolar Editora.
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value-stream Mapping to Create Value and Eliminate Muda*. United Kingdom - Cambridge: Cambridge: The Lean Enterprise Institute.
- Savransky, S. (2000). *Engineering of creativity: introduction to TRIZ methodology of inventive problem solving*. USA - Boca Raton: CRC Press.
- Shingo Institute. (2014). *Shingo Model Handbook, in The Shingo Model for Operational Excellence* Retrieved 4 July, 2017, from <http://lean.nh.gov/documents/Shingo%20Model%20Handbook.pdf>
- Spear, S., & Bowen, H. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, 77. Retrieved 9 August, 2017, from <https://hbr.org/1999/09/decoding-the-dna-of-the-toyota-production-system>.
- Suzaki, K. (1987). *New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement*. USA - New York: New York Free Press.
- Suzaki, K. (2010). *Gestão de operações Lean: Metodologias Kaizen para a Melhoria Continua*. USA - New York: LeanOp Press.
- Thor, C., & Christopher, W. (1993). *Handbook for productivity Measurement and Improvement*. USA - Portland: Productivity Press.

- Torres, L., & Palhares, J. (2008). Cultura, formação e aprendizagens em contextos organizacionais. *Revista Crítica de Ciências Sociais - Dezembro de 2008*, 83, 99–120.
- Whitmore, T. (2008). Standardized Work: document your process and make problems visible. *Manufacturing Engineering*, 140(5).
- Womack, J., & Jones, D. (2003). *Lean Thinking - Banish waste and create wealth in your corporation* (1ª). United Kingdom - Londres: Simon&Schuster.

ANEXOS

ANEXO A – TABELA RESUMO DE FERRAMENTAS LEAN

(ADAPTADO DE MOREIRA, 2015)

Mapeamento do Fluxo de Valor (VSM)	Identifica e analisa as atividades subdividindo-as em: atividade que acrescentam valor, que não acrescentam, mas são necessárias e as que são desnecessárias. Esta identificação inicia com o VSM do estado atual do processo. Após análise do processo e da realização de melhorias, efetua-se o VSM do estado futuro
Metodologia 5S	Tem origem japonesa e os seus princípios são: Seiri- que significa organização; Seiton – arrumação; Seiso – limpeza; Seiketsu – normalização; Shitsuke – autodisciplina
Single Minute Exchange of Die (SMED)	Utilizado na indústria para reduzir o tempo do processo de setup (preparação de máquinas, equipamentos e linhas de produção). Isto é conseguido através da otimização do processo de reconfiguração das ferramentas e dispositivos de fixação de materiais
Overall Equipment Effectiveness (OEE)	Hierarquia de métricas desenvolvidas por Seeichi Nakajima em 1960 com a finalidade de avaliar a eficiência de uma operação de produção
Kanban	Sistema de agendamento para a produção <i>Lean</i> e para a produção Just-in-Time (JIT). O <i>Kanban</i> é um sistema de controlo da cadeia logística de um ponto de vista da produção, e é também um sistema de gestão de stock
Técnica dos 5 porquês – 5 why's	Perguntar cinco vezes “porquê?” perante um problema que surja e é usual para conseguir a sua resolução
Manutenção Produtiva Total – Total Quality Management (TPM)	Sistema de gestão que pretende a eliminação de todas as perdas ou desperdícios tanto nos setores produtivo como administrativo da organização
Gestão da Qualidade Total – Total Quality Management	Melhoria contínua da capacidade de fornecer produtos e serviços de qualidade aos clientes
Poka-Yoke	Ao longo do processo produtivo podem ocorrer erros que originem defeitos. Pretende-se criar métodos, ferramentas ou equipamentos que auxiliem a prevenção desses erros
Produção Nívelada - Heijuka	Eliminar os “gargalos” que frequentemente ocorrem O que se adota é não produzir todo o material para apenas uma encomenda, mas sim intercalar diversas, conseguindo satisfazer diversos clientes. Conseguir-se deste modo tornar a produção mais estável
Padronização de Tarefas	Identificação da melhor forma de efetuar determinada tarefa ou processo. Para se conseguir uniformizar o trabalho, devem-se elaborar instruções de trabalho considerando as melhores formas de o executar

Gestão visual

Ferramenta com a capacidade de identificar o estado do sistema em tempo real. Facilita a comunicação visual de informação, regras de trabalho, entre outros

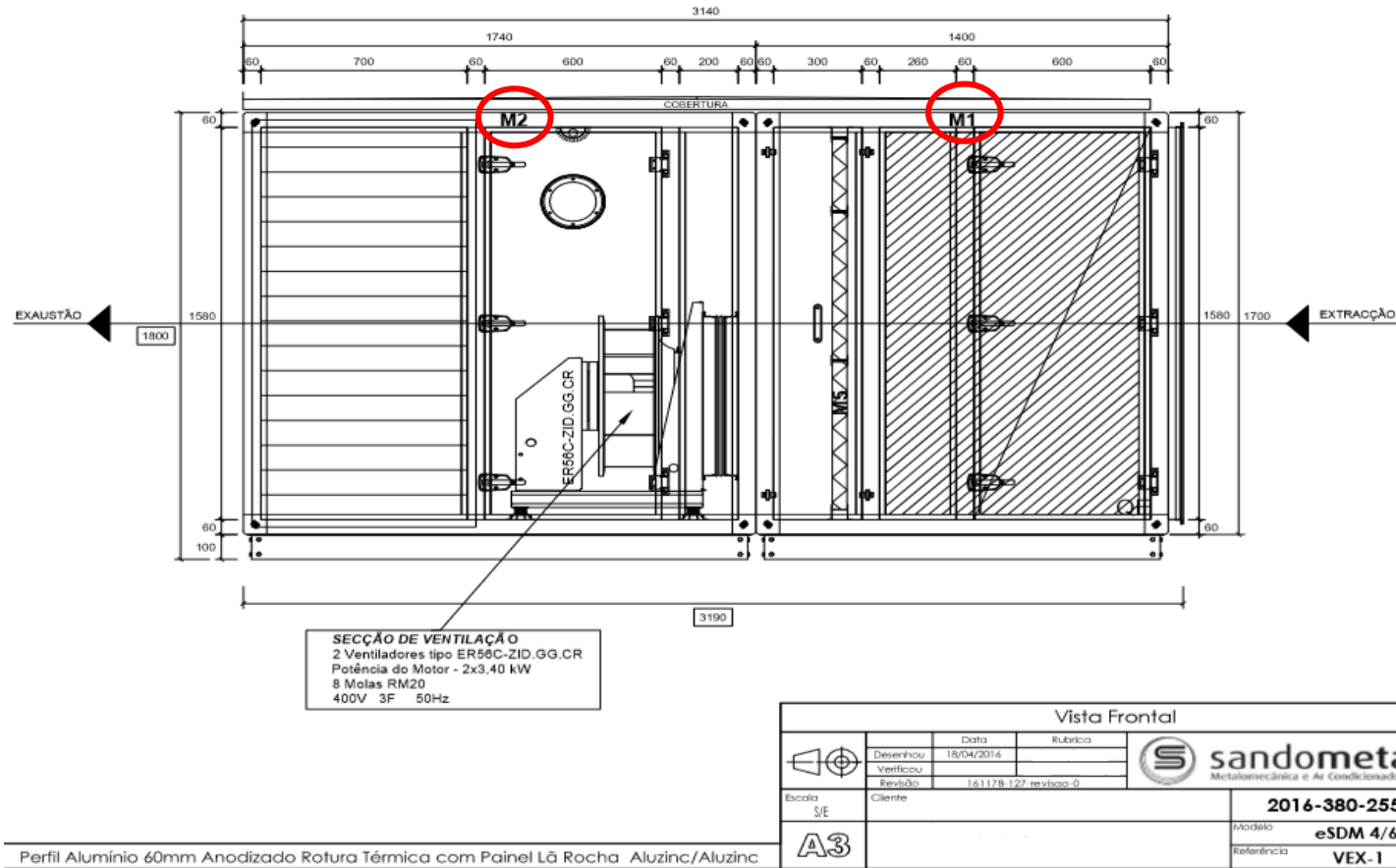
ANEXO B - MODELOS DE UNIDADES DE TRATAMENTO DE AR

(DADOS FORNECIDOS PELA SANDOMETAL)

Modelo	Alt. Interior (m)	Larg. Interior (m)
eSDM 0/1	440	635
eSDM5 0/2	440	955
eSDM 0/3	440	1260
eSDM 1/0	655	440
eSDM 1/1	655	635
eSDM 1/2	655	955
eSDM 1/3	655	1260
eSDM 1/4	655	1580
eSDM 1/5	655	1885
eSDM 2/0	955	440
eSDM 2/1	955	635
eSDM 2/2	955	955
eSDM 2/3	955	1260
eSDM 2/4	955	1580
eSDM 2/5	955	1885
eSDM 2/6	955	2205
eSDM 2/7	955	2510
eSDM 2/8	955	2830
eSDM 3/0	1260	440
eSDM 3/1	1260	635
eSDM 3/2	1260	955
eSDM 3/3	1260	1260
eSDM 3/4	1260	1580
eSDM 3/5	1260	1885
eSDM 3/6	1260	2205
eSDM 3/7	1260	2510
eSDM 3/8	1260	2830

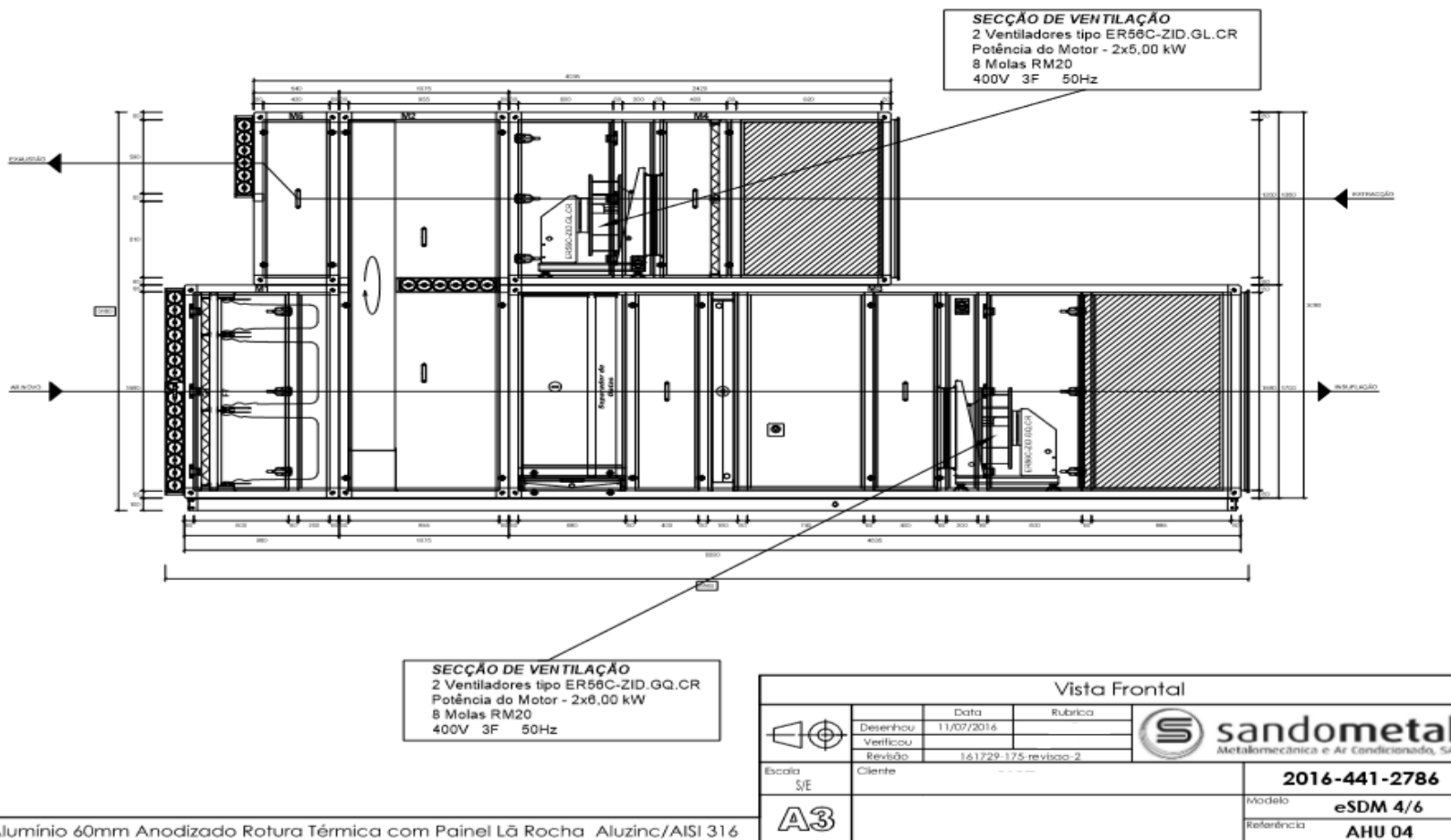
eSDM 3/9	1260	3135
eSDM 3/10	1260	3455
eSDM 3/11	1260	3760
eSDM 4/1	1580	635
eSDM 4/2	1580	955
eSDM 4/3	1580	1260
eSDM 4/4	1580	1580
eSDM 4/5	1580	1885
eSDM 4/6	1580	2205
eSDM 4/7	1580	2510
eSDM 4/8	1580	2830
eSDM 4/9	1580	3135
eSDM 4/10	1580	3455
eSDM 4/11	1580	3760

ANEXO C – MÁQUINA MODELO ESDM 4/6 (DESENHOS FORNECIDOS POR SANDOMETAL)

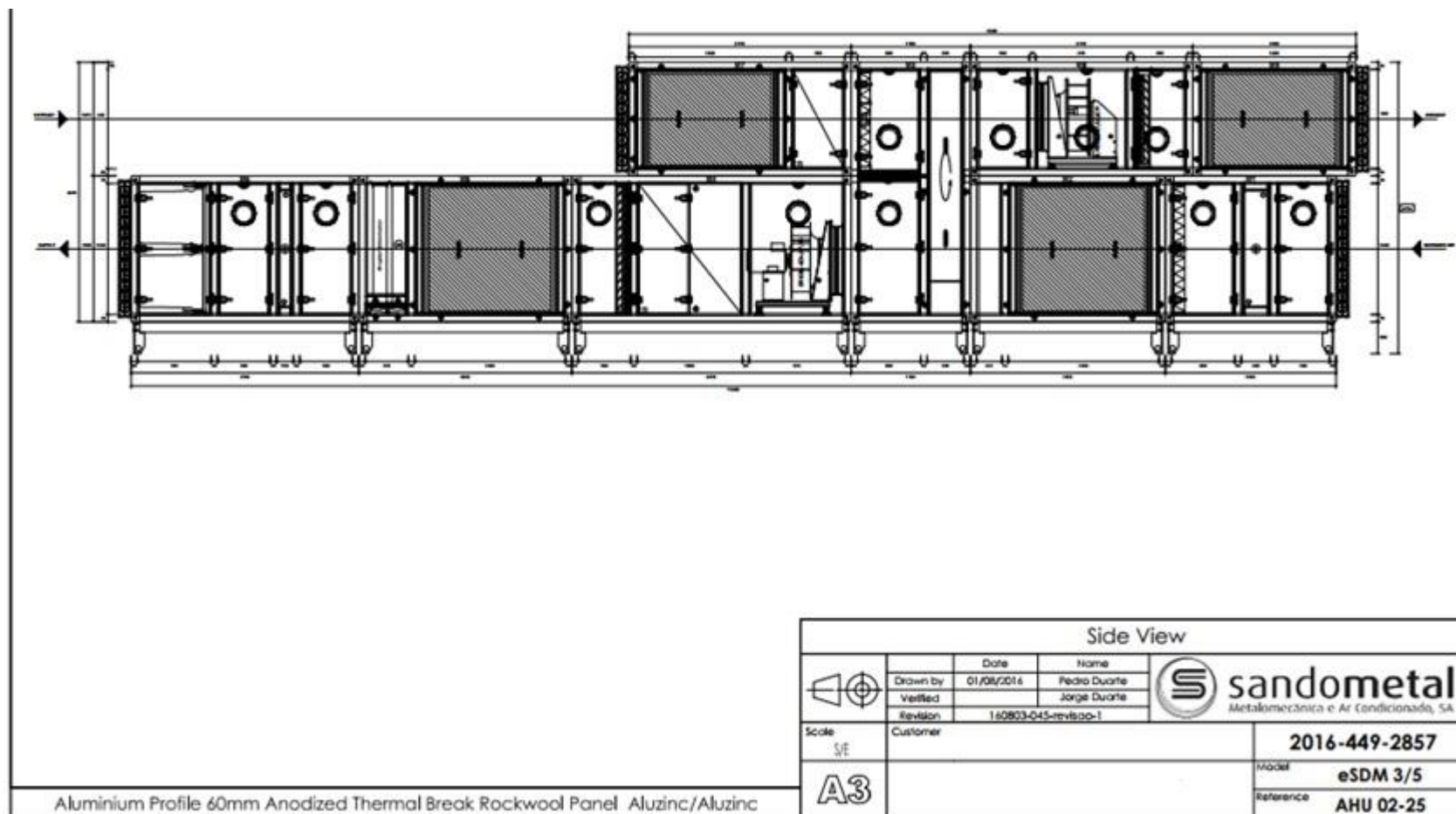


É possível contar o número de módulos de uma máquina apenas analisando o número existente por baixo das cotas. Começa por um “M” seguido do número do módulo, e encontra-se assinalado a vermelho. Neste caso, esta máquina contém dois módulos.

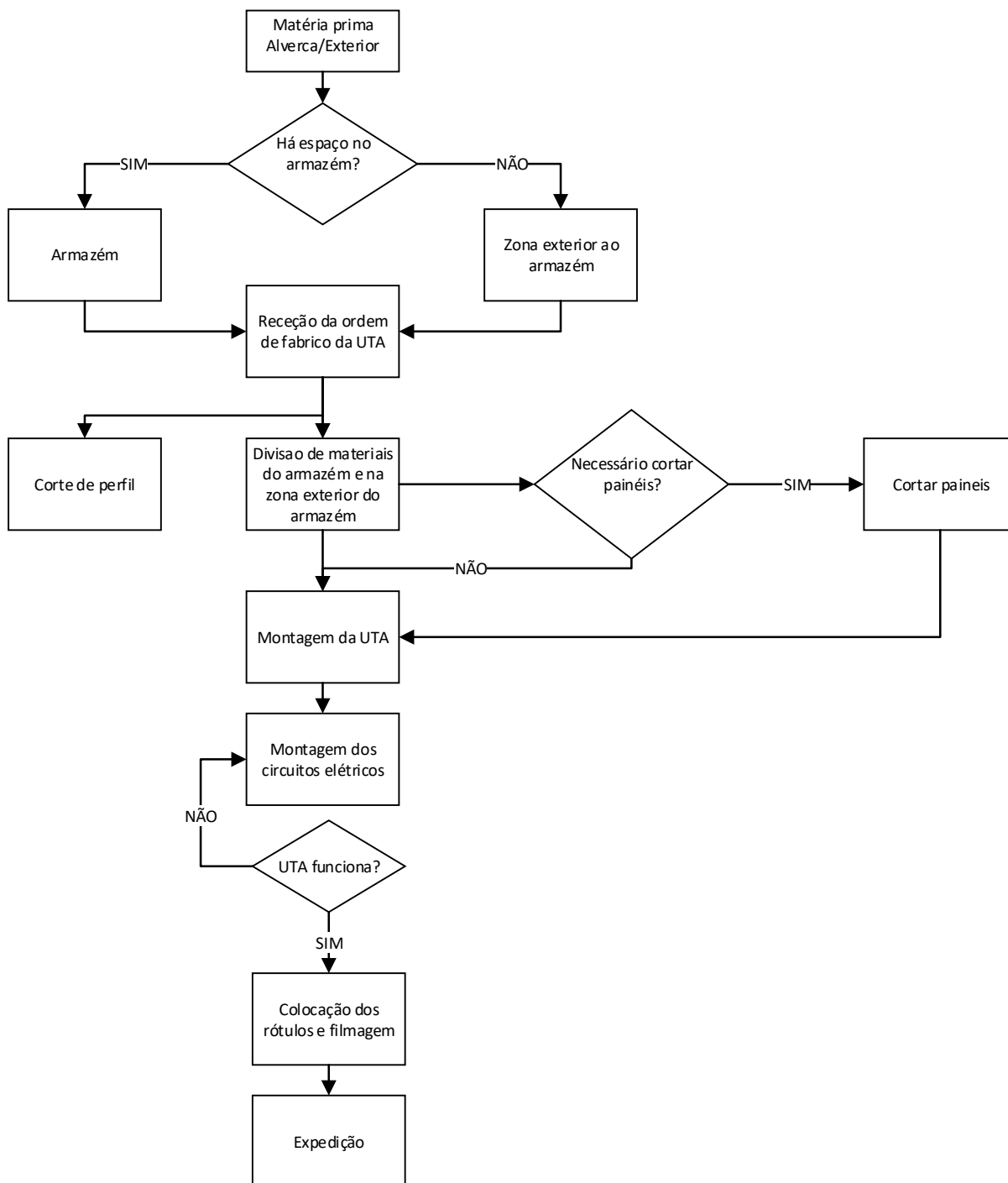
ANEXO D – MÁQUINA MODELO ESDM 4/6 COMPARATIVA (DESENHOS FORNECIDOS POR SANDOMETAL)



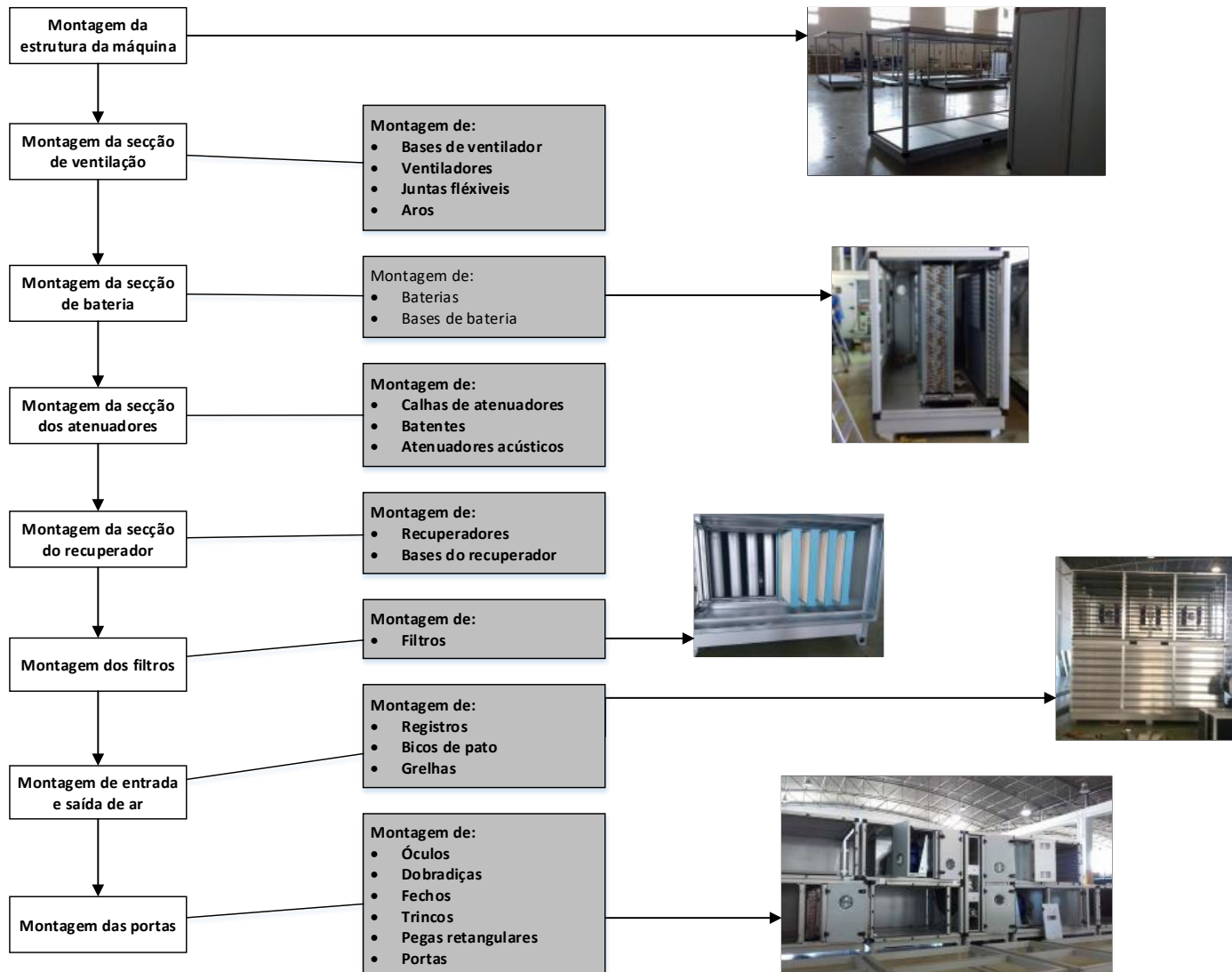
ANEXO E – DESENHO DA MÁQUINA EM ANÁLISE



ANEXO F – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE PRODUÇÃO GERAL



ANEXO G – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE MONTAGEM DA UTA



ANEXO H – CÓDIGOS DAS OPERAÇÕES E RESPECTIVOS ELEMENTOS DE ATIVIDADE

Atividade A- Colocação de calhas nos atenuadores acústicos			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
a1	Aparafusar calhas	x	
a2	Procurar ferramentas elétricas		x

Atividade B- Colocação dos batentes na secção dos atenuadores acústicos			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
b1	Aparafusar batentes	x	
b2	Procurar batentes		x

Atividade C- Colocação da base da bateria			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
c1	Aparafusar base	x	

Atividade D- Colocação da bateria			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
d1	Colocar bateria	x	
d2	Procurar bateria		x

Atividade E- Colocação dos painéis de bateria			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
e1	Furação do painel de bateria	x	

Atividade F- Base do módulo			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
f1	Aparafusar base	x	

Atividade G- Aglomeração da base do módulo à superfície do módulo			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
g1	Aparafusar base à superfície	x	

Operação H- Colocação de bits de fixação			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
h1	Colocação de bits de fixação	x	
h2	Procurar bits de fixação		x

Atividade I- Colocação de buchas			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
i1	Cravar buchas	x	

Atividade J- Montar divisórias			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
j1	Aparafusar divisórias	x	
j2	Procurar aparafusadora		x

Atividade I- Colocação de cantos			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
k1	Aplicar mástique e colar	x	

Atividade I- Colocação de laterais			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
l1	Aplicar mástique e colar	x	

Atividade M- Estrutura total			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
m1	Montar estrutura total	x	

Atividade N- Omegas centrais de superficie			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
n1	Montar ómeças centrais de superficie	x	

Atividade O- Montagem de paineis			
---	--	--	--

Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
o1	Retirar autocolantes	x	
o2	Aplicação de mástique e colagem do painel	x	
o3	Procurar painel		x

Atividade P- Montar pés dos módulos			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
p1	Retificar pés	x	

Atividade Q- Montar superfície do módulo			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
q1	Montar superfície	x	

Atividade R- Montar uniões			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
r1	Marcação do local onde ficaram as uniões	x	
r2	Furação das marcas	x	
r3	Aparafusar uniões	x	

Atividade S- Montar filtro de bolsas			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
s1	Montagem do filtro de bolsas	x	

Atividade T- Montar dobradiças			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
t1	Aparafusar dobradiças	x	

Atividade U- Montar fecho			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
u1	Aparafusar fecho	x	

Atividade V- Montar óculo			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
v1	Aparafusar óculo	x	

Atividade X- Montar pega das portas			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
x1	Aparafusar pega	x	

Atividade Z- Montar porta			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
z1	Retirar fita cola das portas	x	
z2	Furação das portas	x	
z3	Montar porta	x	

Atividade AA - Montar trinco			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
aa1	Furação do módulo	x	
aa2	Aparafusar trinco	x	

Atividade BB- Montar base do recuperador			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
bb1	Soldar base do recuperador	x	

Atividade CC- Montar recuperador			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
cc1	Montar recuperador	x	

Atividade DD- Montar registro			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
dd1	Aparafusar registro	x	

Atividade EE- Montar base do ventilador			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
ee1	Marcar medidas	x	
ee2	Furação das bases do ventilador	x	
ee3	Cravar buchas na base do ventilador	x	
ee4	Montagem da base do ventilador	x	

Atividade FF- Montar chapa frontal do ventilador			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
ff1	Aparafusar chapa frontal do ventilador	x	

Atividade GG- Montar junta Flexível			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
gg1	Quinar junta	x	
gg1	Soldar junta	x	

Atividade HH- Montagem junta flexível com aro			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
hh1	Colocar aro na junta flexível	x	
hh2	Soldar aro com junta	x	
hh3	Procurar aro		x

Atividade II- Montar aro + junta flexível + rede			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
ii1	Soldar rede na junta flexível com o aro	x	
ii2	Polvorizar com spray de zinco	x	
ii3	Cortar rede excedente	x	
ii4	Montar o resultante na chapa frontal	x	
ii5	Procurar ferramentas		x
ii6	Buscar material ao armazém		x

Atividade JJ- Montar ventilador			
Código do elemento de atividade	Descrição	Elemento de atividade	
		Cíclico	Não cíclico
jj1	Montar ventilador	x	
jj2	Buscar parafusos e anilhas		x


ANEXO I – ESQUEMA DAS ATIVIDADES E ELEMENTOS CÍCLICOS E NÃO CÍCLICOS


Ciclo de trabalho																																			
A		B		C	D		E	F	G	H		I	J		K	L	M	N	O			P	Q	R				S	T	U	V	X	Z		
a1	a2	b1	b2	c1	d1	d2	e1	f1	g1	h1	h2	i1	j1	j2	k1	l1	m1	n1	o1	o2	o3	p1	q1	r1	r2	r3	r4	s1	t1	u1	v1	x1	z1	z2	z3

Atividades →
 Elementos ↘

Continuação:

Ciclo de trabalho																						
AA		BB	CC	DD	EE				FF	GG		HH			II				JJ			
aa1	aa2	bb1	cc1	dd1	ee1	ee2	ee3	ee4	ff1	gg1	gg2	hh1	hh2	hh3	ii1	ii2	ii3	ii4	ii5	ii6	jj1	jj2

 - Elemento de atividade cíclico

 - Elemento de atividade não cíclico

ANEXO J - VALIDAÇÃO DA AMOSTRA

Código	TMO (s)	σ (s)	n	GDL (n-1)	<i>t de student</i>	N	VALIDADO?
a1	289	110	43	42	1,682	41	SIM
b1	95	45	67	66	1,668	62	
c1	151	81	80	79	1,664	80	
d1	276	69	40	39	1,685	18	
e1	697	108	12	11	1,796	8	
f1	273	46	11	10	1,812	9	
g1	431	44	11	10	1,812	3	
h1	92	27	31	30	1,697	25	
i1	33	8	25	24	1,711	17	
j1	161	51	29	28	1,701	29	
k1	72	22	29	28	1,701	27	
l1	69	28	47	46	1,679	46	
m1	133	37	28	27	1,703	22	
n1	84	12	8	7	1,895	7	
o1	92	14	18	17	1,740	7	
o2	112	24	18	17	1,740	14	
p1	42	8	12	11	1,796	12	
q1	45	7	10	9	1,833	8	
r1	37	4	6	5	2,015	5	
r2	82	14	12	11	1,796	9	
r3	33	8	25	24	1,711	17	
r4	87	23	25	24	1,711	20	
s1	3162	598	12	11	1,796	12	
t1	71	28	50	49	1,677	44	
u1	86	32	52	51	1,675	39	
v1	82	22	27	26	1,706	21	
x1	150	7	3	2	2,920	2	
z1	225	60	22	21	1,721	21	
z2	55	10	22	21	1,721	10	
z3	207	44	15	14	1,761	14	
aa1	37	5	9	8	1,860	6	
aa2	52	6	6	5	2,015	5	
bb1	204	48	20	19	1,729	17	
cc1	196	42	17	16	1,746	14	
dd1	516	47	6	5	2,015	3	
ee1	134	15	11	10	1,812	4	
ee2	45	1	2	1	6,314	2	
ee3	33	8	25	24	1,711	17	
ee4	195	54	23	22	1,717	23	
ff1	199	52	22	21	1,721	20	
gg1	146	29	17	16	1,746	12	
gg2	69	10	17	16	1,746	6	
hh1	149	35	19	18	1,734	17	
hh2	72	10	19	18	1,734	6	
ii1	82	16	14	13	1,771	12	
ii2	32	6	14	13	1,771	11	
ii3	69	12	14	13	1,771	9	
ii4	195	40	14	13	1,771	13	
jj1	378	68	15	14	1,761	10	

Os presentes valores foram calculados para um $\alpha=10\%$. Neste caso, uma vez que a dimensão da amostra recolhida (n) é maior que o número de observações que devem ser realizadas (N) as amostras encontram-se validadas.

ANEXO K – FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE 5S

Formulário de avaliação de 5S

Auditor: Carolina Fernandes	Desempenho final
Data: 24 de Março de 2017	
Linha de montagem: 3	
20%	

Critérios de avaliação				
0	1	2	3	4
Não	Executado ocasionalmente e necessita de melhorias	Parcialmente executado e necessita algumas melhorias	Quase executado, mas com algumas observações a serem efetuadas	Sim

Senso	Critério avaliado	Desempenho
Triagem	Todos os equipamentos/ferramentas são utilizados	2
	As ferramentas não apresentam defeitos	3
	O equipamento necessário encontra-se na zona de trabalho	1
Arrumação	As ferramentas estão nos locais corretos de uso	1
	Existem identificações de zonas de arrumação	0
Limpeza	A zona de trabalho encontra-se limpa	0
	Máquinas e ferramentas são limpas no início e ao fim do dia de trabalho	0
	Máquinas e ferramentas têm manutenção planeada	0
	Estão disponíveis no posto de trabalho material de limpeza	2
	Os equipamentos de transporte encontram-se limpos	2
Normalização	Existem planos de limpeza	0
	Existe manual de boas práticas	0
	Existe uma ordem de tarefas	0
Disciplina	Existe formação	1
	Estão adequadamente treinados para os procedimentos do 5S	0

Foi realizada uma regra de três simples para o cálculo da percentagem, correspondendo 60 pontos a 100%.

ANEXO L – FORMULÁRIO DE AUDITORIA DE DEFEITOS

i. Tipo de defeito – Qual o tipo de defeito?

0	1	2	3
Nenhum	Estético	Funcional	Ambos

ii. Gravidade – Qual a gravidade do erro?

1	2	3
Leve	Grave	Muito grave

iii. Reparação – A reparação do defeito é complexa?

1	2	3
Fácil	Moderada	Difícil

iv. Entrega do equipamento – Devido ao erro há algum atraso na entrega do equipamento?

1	2	3
Não	Sim, mas de apenas algumas horas	Sim, atrasos de a partir de um dia

No final de cada formulário deve ser feita a soma das pontuações que estão atribuídas a cada resposta.

As pontuações são meramente sugestivas e podem ser alteradas.


ANEXO M – ESQUEMA DAS ATIVIDADES E ELEMENTOS DE ATIVIDADE ESPERADO


Ciclo de trabalho																													
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O		P	Q	R				S	T	U	V	X	Z		
a1	b1	c1	d1	e1	f1	g1	h1	i1	j1	k1	l1	m1	n1	o1	o2	p1	q1	r1	r2	r3	r4	s1	t1	u1	v1	x1	z1	z2	z3

Atividades →
 Elementos ↘

Continuação:

Ciclo de trabalho																					
AA		BB	CC	DD	EE				FF	GG		HH		II				JJ			
aa1	aa2	bb1	cc1	dd1	ee1	ee2	ee3	ee4	ff1	gg1	gg2	hh1	hh2	ii1	ii2	ii3	ii4	ii5	ii6	jj1	jj2

 - Elemento de atividade cíclico

 - Elemento de atividade não cíclico

