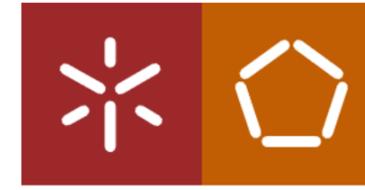




Melhoria de Desempenho do Processo de Produção de Antenas numa
Empresa do Setor Automóvel

João Paulo Ribeiro Rodrigues

UMinho | 2020

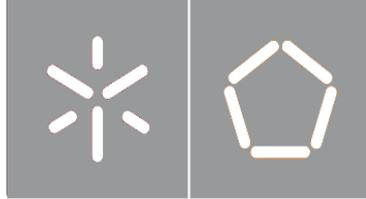


Universidade do Minho
Escola de Engenharia

João Paulo Ribeiro Rodrigues

Melhoria de Desempenho do Processo de
Produção de Antenas numa Empresa do Setor
Automóvel

dezembro de 2020



Universidade do Minho

Escola de Engenharia

João Paulo Ribeiro Rodrigues

**Melhoria de Desempenho do Processo de Produção
de Antenas numa Empresa do Setor Automóvel**

Dissertação de Mestrado

Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação do

Professor Doutor Rui Manuel Alves da Silva e Sousa

dezembro de 2020

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Embora este projeto seja de carácter individual, muitas foram as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento deste e ajudaram a ultrapassar algumas dificuldades, às quais gostaria de deixar uma palavra de apreço.

À minha mãe, Ana, e ao meu pai, Henrique, que sempre me acompanharam e apoiaram desde o início do curso até a conclusão deste projeto e continuarão presentes, certamente, em todos os momentos da minha vida.

Ao meu orientador, Professor Doutor Rui Sousa, agradeço o apoio, disponibilidade prestada, sugestões e construtiva troca de ideias ao longo do trabalho.

À *Continental Advanced Antenna* pela oportunidade de realizar o projeto na sua organização e por me permitir aplicar os conhecimentos adquiridos durante os 5 anos do MIEGI.

Ao Engenheiro Rui Gomes, orientador na empresa, agradeço o voto de confiança nas minhas capacidades, agradeço também o seu apoio e disponibilidade, assim como toda a partilha de conhecimentos. Obrigado por tudo aquilo que me conseguiu transmitir.

Aos restantes colaboradores da empresa, engenheiros e operários, que sempre se mostraram disponíveis para ajudar quando foi necessário.

E finalmente à Filipa, claro, por partilhar comigo esta jornada e por todo o amor, força, motivação e paciência que teve para comigo.

A todos, o meu sentido obrigado.

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

RESUMO

Tendo em vista o atual panorama global, caracterizado pela rápida evolução tecnológica, as empresas sentem a necessidade de encontrar estratégias capazes de assegurar a sua sustentabilidade e competitividade face à globalização do mercado internacional e por isso é de extrema importância que estejam aptas a adotar metodologias que possibilitem diminuir os desperdícios e as atividades que não acrescentam valor, fazendo uso da melhoria contínua para atingir o seu objetivo principal: lucro. Para atingir essa excelência e competitividade, uma das metodologias com mais provas dadas é o *Lean Manufacturing* e o conjunto de ferramentas que lhe está associado.

A presente dissertação, intitulada “Melhoria de Desempenho do Processo de Produção de Antenas numa Empresa do Setor Automóvel”, foi elaborada em ambiente industrial, no âmbito da dissertação de Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial da Universidade do Minho. Este projeto foi realizado na *Continental Advanced Antenna* Sociedade Unipessoal, Lda, dedicada ao fabrico de antenas multimédia para veículos, situada em Vila Real. O objetivo deste projeto foi o de analisar, diagnosticar e melhorar o desempenho do sistema produtivo da empresa, recorrendo à implementação de ferramentas e princípios *Lean Manufacturing*, como a Gestão Visual, 5S, SMED, Supermercados, *Total Productive Maintenance* (TPM) e o sistema *Kanban*. O diagnóstico do processo produtivo fez uso de metodologias Lean como o *Value Stream Mapping* (VSM), *Waste Identification Diagram* (WID), estudo de tempos e análise de deslocações.

Através da implementação das propostas de melhoria, como o desenvolvimento de TPM nas linhas de produção, a criação de sistemas Kanban e de supermercados, foi atingido um ganho estimado de 39.288,57 €, assim como o aumento de produtividade decorrente do decréscimo de tempos improdutivo. A diminuição dos tempos de preparação foi alcançada nos dois projetos efetuados. Num dos projetos foi possível diminuir o tempo de preparação em 66% e no outro, um conjunto de tarefas do *changeover* foi reduzido em 18%. A eficiência dos fluxos de produtos intermédios aumentou em 77%.

Importa ainda referir que durante a realização desta dissertação, uma doença desconhecida, chamada COVID-19, alastrou-se por todo o mundo num curto espaço de tempo. Por força desta circunstância, o autor esteve envolvido no desenvolvimento e aplicação de medidas de combate à pandemia COVID-19 que incluíram alterações na dinâmica produtiva.

PALAVRAS-CHAVE

Lean Manufacturing, Melhoria Contínua, SMED, Supermercados, TPM, Kanban.

ABSTRACT

Consider the current global panorama, characterized by the rapid technological evolution, where companies feel the need to find strategies capable of guarantee their sustainability and the competitiveness in this globalization of the international market, it's extremely important for them to adopt methods that can reduce waste and reduce non-adding value activities, using continuous improvement to achieve their main objective: profit. To achieve this excellence and competitiveness, one of the methodologies with the most results evidenced is Lean Manufacturing and the associated set of tools.

This dissertation, named "Performance Improvement of Antenna's Production Process in an Automotive Company", was prepared in an industrial environment, within the scope of the final project of the Integrated Master's Course in Engineering and Industrial Management at the University of Minho. This project was carried out at *Continental Advanced Antenna Sociedade Unipessoal, Lda*, dedicated to the manufacture of multimedia antennas for vehicles, located in Vila Real. The objective of this project was to analyze, diagnose and improve the performance of the company's production system, using the implementation of Lean Manufacturing tools and principles, such as Visual Management, 5S, SMED, Supermarkets, Total Productive Maintenance (TPM) and the Kanban system. The diagnosis of the production process made use of Lean methodologies such as Value Stream Mapping (VSM), Waste Identification Diagram (WID), time study and movement analysis.

Through the implementation of the improvement proposals, such as the development of TPM in the production lines, the creation of Kanban and supermarket systems, an estimated gain of € 39 288.57 was achieved, as well as the increase in productivity due to the decrease in unproductive times. The setup time reduction was achieved in the two projects carried out. In one of the projects it was possible to reduce the setup time by 66% and in the other one, it was reduced 18% a set of changeover tasks. The efficiency of intermediate product flows increased by 77%.

It should also be noted that during the course of this dissertation, an unknown disease, called Covid-19, spread throughout the world in a short period of time. Due to this circumstance, the author was involved in the development and application of combat measures against the pandemic Covid-19 that included changes in the productive dynamic.

KEYWORDS

Lean Manufacturing, Continuous Improvement, SMED, Supermarkets, TPM, Kanban.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iv
Resumo.....	vi
Abstract.....	vii
Índice de Figuras.....	xii
Índice de Tabelas.....	xv
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xvi
1. Introdução.....	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos.....	2
1.3 Metodologia.....	2
1.4 Estrutura da dissertação.....	3
2. Análise do estado da arte.....	5
2.1 <i>Lean Manufacturing</i>	5
2.2 Princípios <i>Lean</i>	7
2.3 Desperdícios <i>Lean</i>	8
2.4 <i>Lean Logistics</i>	9
2.4.1 Supermercados.....	10
2.4.2 Comboio Logístico.....	10
2.5 Principais ferramentas <i>Lean</i>	11
2.5.1 Metodologia 5S.....	11
2.5.2 Plano 5W2H.....	12
2.5.3 Análise ABC.....	12
2.5.4 Gestão Visual.....	13
2.5.5 Mapa do Fluxo de Valor (VSM).....	14
2.5.6 Diagrama de Identificação de Desperdícios (WID).....	15
2.5.7 Indicador OEE.....	18
2.5.8 Metodologia SMED.....	19
2.5.9 Trabalho Normalizado.....	21
2.5.10 Manutenção Produtiva Total.....	21
2.5.11 <i>Kanbans</i>	23

2.6	Análise Crítica	25
3.	Apresentação da empresa	28
3.1	<i>Continental AG</i>	28
3.2	<i>Continental Advanced Antenna</i>	30
3.3	Produtos	30
3.4	Clientes	31
3.5	Descrição do chão-de-fábrica	32
4.	Descrição e análise do estado atual do processo produtivo	34
4.1	Descrição do processo produtivo	34
4.1.1	Armazém de componentes elétricos	35
4.1.2	Armazém de componentes mecânicos	35
4.1.3	Gravação a laser	35
4.1.4	Montagem automática SMT	36
4.1.4.1	<i>Printer</i> – Impressão de pasta de solda	36
4.1.4.2	SPI - Inspeção da pasta de solda	37
4.1.4.3	<i>Pick & Place (P&P)</i>	37
4.1.4.4	Forno	38
4.1.4.5	AOI – Inspeção Ótica Automática	38
4.1.4.6	Pré-Teste	38
4.1.5	Soldadura	39
4.1.6	Lacagem	39
4.1.7	Fresagem	40
4.1.8	Montagem Final	40
4.1.9	Inspeção	41
4.1.10	Armazém de expedição (Produto acabado)	42
4.2	Diagnóstico do estado atual	42
4.2.1	VSM	42
4.2.2	WID	44
4.3	Identificação dos problemas encontrados	47
4.3.1	Quadro de gestão de envios de encomendas	48

4.3.2	Quadro de gestão de equipas.....	49
4.3.3	Organização de moldes na fresagem.....	49
4.3.4	Organização de <i>stencils</i> no SMT.....	50
4.3.5	Dimensionamento de supermercados	51
4.3.6	Implementação de TPM.....	52
4.3.7	Implementação de sistema <i>kanban</i>	52
4.4	Resumo dos problemas.....	53
5.	Desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria.....	54
5.1	Quadro de gestão de envios de encomendas	54
5.2	Quadro de gestão de equipas	59
5.3	Organização de moldes na Fresagem	60
5.4	Organização de stencils - SMT	63
5.5	Dimensionamento de supermercados.....	68
5.5.1	Cálculo do nº de entradas nas estantes.....	70
5.5.2	Workshop	71
5.5.3	Gestão visual	72
5.6	Implementação de TPM.....	72
5.7	Sistema <i>Kanban</i>	78
5.7.1	<i>Kanbans</i>	79
5.7.2	Quadro <i>kanban</i>	79
5.7.3	Funcionamento do quadro	81
6.	Análise de resultados	84
6.1	Quadro de gestão de envios de encomendas e quadro de gestão de equipas (Gestão Visual)	84
6.2	Organização de moldes na Fresagem	84
6.3	Organização de stencils no SMT	84
6.4	Dimensionamento de supermercados.....	85
6.5	Implementação de TPM.....	87
6.6	Sistema <i>Kanban</i>	87
6.7	Resumo das melhorias.....	87

7. COVID-19	89
7.1 Medidas adotadas pela empresa	89
7.1.1 Alterações no layout das máquinas	89
7.1.2 Divisão de linhas de produção	89
7.1.3 Alterações de layout das linhas	90
7.1.4 Limitação da área dos postos de trabalho	90
7.1.5 Resumo.....	91
8. Conclusões.....	93
8.1 Considerações finais	93
8.2 Trabalho futuro	94
Referências Bibliográficas	95
Anexo I – Análise ABC dos produtos fabricados.....	99
Anexo II – Resumo das tarefas de <i>changeover</i> da <i>Printer</i> no SMT	101
Anexo III – Cálculos dos ganhos com a implementação do TPM	102
Anexo IV – Resumo das alterações quantificáveis às linhas devido ao COVID-19	103

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Espiral da metodologia de Action Research (Adaptado de (Saunders et al., 2009))	3
Figura 2 - Os cinco princípios lean thinking	7
Figura 3 - Os sete desperdícios (Continental, 2019)	8
Figura 4 - Esquema de um supermercado (fonte: http://leanop.com/cms/glossario/)	10
Figura 5 - Representação de um comboio logístico (fonte: http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com/2013/02/mizusumashi.html).....	11
Figura 6 - Exemplo de um diagrama de Pareto	13
Figura 7 - Semáforos como exemplo de gestão visual	13
Figura 8 - Esquema de um VSM (fonte: https://www.nortegubisian.com.br/blog/value-stream-mapping-vsm).....	14
Figura 9 - Dois blocos representando dois processos diferentes (Sá et al., 2011)	16
Figura 10 - Transportation Arrow (Sá et al., 2011)	16
Figura 11 - Exemplo de um WID (Sá et al., 2011).....	17
Figura 12 - Diferentes parâmetros usados no cálculo do OEE (Sousa & Carvalho, 2019).....	18
Figura 13 - Descrição de um changeover	20
Figura 14 - Benefícios do TPM	22
Figura 15 - Casa TPM	23
Figura 16 - Sistema Kanban.....	24
Figura 17 - Logotipo Continental AG	28
Figura 18 - Localizações das fábricas (Continental, 2019)	28
Figura 19 - Estrutura da empresa (Continental, 2018)	29
Figura 20 - Vendas por divisão em % (Continental, 2018)	29
Figura 21 - Fábricas da Continental em Portugal	30
Figura 22 - Diferentes designs dos módulos das antenas (Continental, 2019)	31
Figura 23 - Módulo de antena inteligente (Continental, 2019)	31
Figura 24 - Distribuição de vendas (Continental, 2019)	32
Figura 25 - Layout da empresa (Continental, 2019).....	33
Figura 26 - Processo produtivo da Continental Advanced Antenna	34
Figura 27 - Armazém de componentes elétricos	35
Figura 28 - Gravação código QR.....	36
Figura 29 - Impressão de pasta de solda.....	37

Figura 30 - Máquina Pick & Place	37
Figura 31 - Um dos fornos das linhas SMT	38
Figura 32 - Máquina AOI	38
Figura 33 - Máquina de Pré-teste	39
Figura 34 - Processo de soldadura	39
Figura 35 - Lacagem.....	40
Figura 36 - Linha de montagem final.....	40
Figura 37 - Inspeção manual	41
Figura 38 - VSM do produto 13610834.....	43
Figura 39 - WID do processo produtivo	45
Figura 40 - Percentagem de ocupação da MDO.....	46
Figura 41 - Tempos de ciclo dos respetivos PT	47
Figura 42 - Quadro de gestão de envios de encomendas original	48
Figura 43 - Exemplo de um Jig.....	49
Figura 44 - Falta de identificação lateral em cada um dos jigs	50
Figura 45 - Armazenamento inicial dos stencils	51
Figura 46 - identificações degradadas	51
Figura 47 - Localização das estruturas dos supermercados	52
Figura 48 - Novo quadro de gestão de envios	55
Figura 49 - Detalhes do quadro de gestão de envios desenvolvido	56
Figura 50 - Diferentes áreas do quadro	57
Figura 51 - Exemplificação da coluna dos "Envios do dia"	57
Figura 52 - Funcionamento dos cartões	58
Figura 53 - Quadro de gestão de equipas criado.....	59
Figura 54 - Excerto ampliado do quadro de gestão de equipas.....	60
Figura 55 - Análise ABC das referências a fresar	61
Figura 56 - Identificação da estrutura e do Jig.....	61
Figura 57 - Estruturas inicial e final	62
Figura 58 - Perceção visual da redução do tempo de changeover	63
Figura 59 - Exemplo de um stencil	63
Figura 60 - Stencil em uso na Printer	64
Figura 61 - Identificação das estantes e das respetivas posições	64

Figura 62 - Novas identificações.....	65
Figura 63 - Documento de ordem de produção	65
Figura 64 - Estante para stencils suplentes	66
Figura 65 - Estrutura final	66
Figura 66 - Perceção visual da redução do tempo de changeover na Printer	67
Figura 67 - Workshop dos supermercados	72
Figura 68 - Identificação dos supermercados	72
Figura 69 - Quadro TPM	74
Figura 70 - T-Card	74
Figura 71 - Cartão de ajuda visual.....	75
Figura 72 - Dinâmica de funcionamento dos cartões de status	76
Figura 73 - Cartão de anomalia.....	77
Figura 74 - Fluxograma do funcionamento dos cartões de anomalia	77
Figura 75 - Registo diário TPM	78
Figura 76 - Descrição detalhada do kanban.....	79
Figura 77 - Esquema do quadro desenvolvido	80
Figura 78 - Quadro kanban criado e a respetiva descrição	81
Figura 79 - Reorganização de supermercados (1).....	85
Figura 80 - Reorganização de supermercados (2).....	86
Figura 81 - Resultado final das estruturas dimensionadas	86
Figura 82 - Alterações realizadas nas linhas (1).....	89
Figura 83 - Alterações realizadas nas linhas (2).....	90
Figura 84 - Alterações realizadas nas linhas (3).....	90
Figura 85 - Alterações realizadas nas linhas (4).....	91
Figura 86 - Resumo das alterações quantificáveis às linhas	91

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos elementos do OEE.....	18
Tabela 2 - Fases da aplicação do SMED (adaptado de Shingo, (1985))	21
Tabela 3 - Relação de percentagem e custos com a MDO.....	46
Tabela 4 - Resumo dos problemas identificados	53
Tabela 5 - Técnica de 5W1H para implementação de ações de melhoria	54
Tabela 6 - Tabela resumo da intervenção SMED na Fresagem.....	62
Tabela 7 - Tabela resumo da intervenção SMED na Printer.....	67
Tabela 8 - Capacidade das estruturas (em caixas)	68
Tabela 9 - Funcionamento do quadro	82
Tabela 10 - Resumo dos valores médios de disponibilidade/linha por mês	87
Tabela 11 - Resumo das melhorias	88

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

AOI	<i>Automatic Optical Inspection</i>
C/O	<i>Changeover time</i> – Tempo de Mudança de Referência
FA	<i>Final Assembly</i>
FIFO	<i>First In First Out</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LM	<i>Lean Management</i> – Gestão <i>Lean</i>
MDO	Mão-de-Obra
MF	Montagem Final
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
OPL	<i>One Point Lesson</i>
PCB	<i>Printed Circuit Board</i> – Placas de Circuito Impresso
PCBA	<i>Printed Circuit Board Assembly</i>
SAP	Sistemas, Aplicativos e Produtos para Processamento de Dados
SMED	<i>Single Minute Exchange of Dies</i>
SMT	<i>Surface Mounting Technology</i>
SPI	<i>Solder Paste Inspection</i>
TC	Tempo de Ciclo
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Toyota Production System</i>
TT	<i>Takt Time</i>
VA	Valor acrescentado
VNA	Valor não acrescentado
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>
WID	<i>Waste Identification Diagram</i>
WIP	<i>Work in Process</i>

1. INTRODUÇÃO

Neste primeiro capítulo é apresentado o projeto de dissertação “Melhoria de Desempenho do Processo de Produção de Antenas numa Empresa do Setor Automóvel”, no âmbito do 5º ano do Mestrado Integrado em Engenharia e Gestão Industrial do Departamento de Produção e Sistemas da Escola de Engenharia da Universidade do Minho.

De seguida, é feito o enquadramento ao projeto, que incide sobre a importância do emprego de soluções de *Lean Manufacturing* num sistema produtivo. Posteriormente, são apresentados os objetivos e a metodologia usada durante a realização do estágio, finalizando com a descrição da estrutura do relatório.

1.1 Enquadramento

Não é novidade que a indústria automóvel está a mudar a um ritmo nunca antes visto. A evolução da tecnologia atual faz com que a forma como se vê e usa o automóvel seja cada vez mais digital. Por exemplo, as tecnologias verdes ou a condução autónoma começam a ter um papel de destaque na atualidade. Posto isto, a elevada concorrência que caracteriza este mercado é um fator de pressão e torna-se fulcral um desenvolvimento de estratégias capazes de promover competitividade das empresas. Esta competitividade passa pelo dever da procura constante de otimização e da busca incessante pela evolução contínua dos processos produtivos por parte das empresas com a finalidade de dar o melhor produto/serviço ao consumidor final.

Neste sentido, o *Lean Manufacturing* é uma abordagem bastante útil, cujo objetivo final é melhorar o desempenho das empresas. Trata-se da metodologia que tem, comprovadamente, dado os melhores resultados no mundo empresarial, até à data. Segundo J. P. Womack & Jones (1997), o *Lean Manufacturing* pode ser considerado como o “antídoto para o desperdício”, onde este desperdício pode ser considerado como qualquer atividade humana/operacional ou recurso usado indevidamente e que implica o aumento de custos, desaproveitamento do tempo útil e a diminuição do valor para o cliente e para as partes interessadas no negócio.

Esta dissertação de mestrado foi desenvolvida na empresa *Continental Advanced Antenna, Lda.*, localizada em Vila Real, que se dedica ao fabrico de antenas multimédia para veículos. Uma vez que a empresa possui uma elevada diversidade de produtos finais e de linhas de produção, os tempos de preparação, a organização das matérias-primas e produtos intermédios e a gestão visual assumem uma importância considerável no desempenho do sistema produtivo. Portanto, a metodologia SMED (Single

Minute Exchange of Die), o conceito de gestão visual, supermercados, TPM e kanban serão bastante úteis para a empresa, no sentido de continuar com a filosofia de melhoria contínua, podendo assim dar resposta a outros desperdícios que possam vir a ser identificados no processo produtivo.

1.2 Objetivos

O objetivo deste projeto é analisar, diagnosticar e melhorar a organização e o desempenho do sistema produtivo da empresa *Continental Advanced Antenna, Lda*, nas diferentes áreas da fábrica, recorrendo à implementação de ferramentas e princípios *Lean Manufacturing*.

Concretamente, os objetivos deste projeto são:

- Diminuição do tempo de preparação;
- Melhoria do fluxo de produtos intermédios;
- Aumento da produtividade;
- Melhoria de eficiência de determinados processos produtivos.

Para cumprir estes objetivos, é necessário:

- Analisar e diagnosticar o atual processo produtivo na empresa;
- Identificar os desperdícios atuais recorrendo a ferramentas como o VSM (*Value Stream Mapping*) ou o WID (*Waste Identification Diagram*);
- Propor medidas que melhorem o processo produtivo, fazendo uso de ferramentas *Lean*, mais concretamente SMED, TPM, Supermercados e Kanban;
- Validar e implementar as propostas elaboradas;
- Analisar os resultados obtidos;
- Manter as melhorias efetuadas.

1.3 Metodologia

A metodologia de investigação define-se como um processo de seleção da estratégia mais adequada para o cumprimento dos objetivos da dissertação, funcionando como alicerce para o seu desenvolvimento, desde a sua fase inicial até a sua conclusão.

O primeiro passo, seguindo a filosofia do processo de investigação, é formular a pergunta de investigação subjacente ao desenvolvimento do projeto. Neste caso a questão que se impõe é a seguinte: “Poderá a aplicação de princípios *lean*, contribuir para a redução dos desperdícios da organização e para um aumento da sua produtividade?”.

Assim sendo, este projeto, que será desenvolvido em ambiente industrial, recorre à metodologia investigação-ação (*action research*), uma vez que aplica de forma cíclica dos seguintes passos: diagnóstico, planeamento, ação e avaliação (Figura 1), que, por sua vez, leva a um novo diagnóstico e assim sucessivamente (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009). Nesta escolha também se teve em consideração o facto de existir uma atitude colaborativa e interventiva de todos os intervenientes do grupo de trabalho deste projeto (autor, responsáveis na empresa e corpo docente).

Kurt Lewin, autor desta estratégia investigação-ação, explica que esta metodologia tem como base o princípio do “aprender fazendo” (Saunders et al., 2009). O processo consiste na identificação e diagnóstico do problema, na criação de um plano de ações para a resolução do problema e na análise dos resultados obtidos pelas ações realizadas. Caso esses resultados não correspondam às expectativas, deve-se executar novamente o ciclo, até que se atinjam os objetivos pretendidos (O’Brien, 1998).

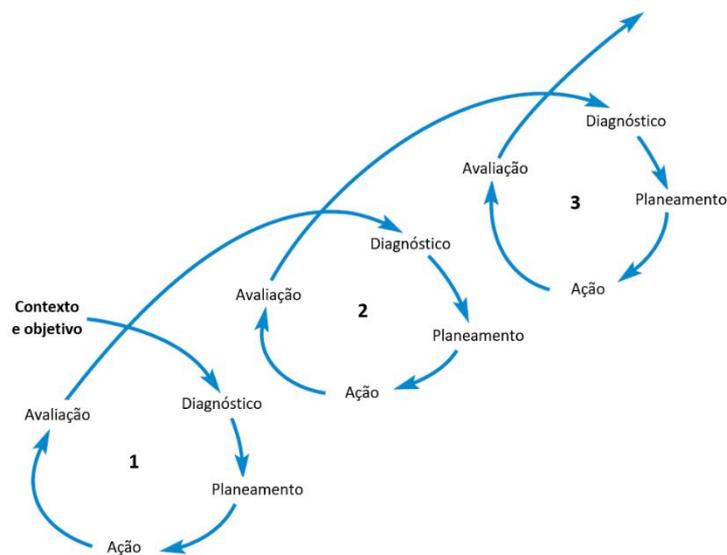


Figura 1 - Espiral da metodologia de Action Research (Adaptado de (Saunders et al., 2009))

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está segmentada em sete capítulos: 1) Introdução; 2) Análise do estado da arte; 3) Apresentação da empresa; 4) Descrição e análise do estado atual do processo produtivo; 5) Desenvolvimento e implementação de propostas de melhoria; 6) Análise de resultados; 7) COVID-19 e, por fim, 8) Conclusões.

No primeiro capítulo, onde se insere este subcapítulo, é realizada uma introdução do trabalho e realizado o enquadramento do projeto associado a esta dissertação, os seus objetivos e qual a metodologia de investigação utilizada para a realização do mesmo.

A revisão bibliográfica referente à filosofia de produção *Lean Manufacturing* é feita no segundo capítulo. É apresentada a sua origem, os significados de valor, de desperdício e as ferramentas associadas a esta filosofia, assim como os principais benefícios e obstáculos à sua implementação. No final deste capítulo são ainda resumidos alguns pontos essenciais analisados em casos de estudo reais onde foi implementada a metodologia *Lean*.

No terceiro capítulo, é descrita a empresa onde foi realizada a dissertação e os artigos produzidos pela *Continental Advanced Antenna, Lda*.

O capítulo seguinte foca-se na descrição, diagnóstico e análise do estado atual do processo produtivo, na identificação e descrição dos problemas encontrados, que serviram de base para as propostas de melhoria apresentadas no capítulo seguinte.

No quinto capítulo, são descritas as propostas de melhoria apresentadas à empresa. Estas visam solucionar os problemas e melhorar o desempenho do processo produtivo, através da implementação de ferramentas *Lean Manufacturing*.

A análise dos resultados surge no sexto capítulo, onde são examinadas as consequências decorrentes da implementação das propostas de melhoria.

No sétimo capítulo é feita referência à COVID-19 que interferiu no desenvolvimento desta dissertação.

O oitavo capítulo foca-se nas conclusões que foram retiradas após a realização deste projeto sendo feita, também, a descrição de algumas dificuldades encontradas no desenvolvimento do projeto e são também apresentadas sugestões para um trabalho futuro, com vista à melhoria do processo produtivo em estudo.

No final podem ser consultadas as referências bibliográficas utilizadas e os anexos com toda a informação que suportou a realização desta dissertação.

2. ANÁLISE DO ESTADO DA ARTE

Este capítulo tem como intuito efetuar uma revisão crítica da literatura centrando-se na filosofia *Lean Manufacturing*.

Assim sendo, descreve-se a filosofia *Lean*, indicando a sua origem, o seu propósito e os seus princípios, bem como os desperdícios que esta filosofia deseja eliminar e as ferramentas de que faz uso para o conseguir. Finalmente é apresentada uma análise crítica, sobre a revisão da literatura efetuada para a presente dissertação.

2.1 *Lean Manufacturing*

Para clarificar a origem do *Lean Manufacturing* é necessário apresentar os conceitos de produção artesanal, produção em massa e o *Toyota Production System* (TPS).

Numa primeira fase, antes da revolução industrial, as empresas fabricavam os seus produtos maioritariamente de forma artesanal. A produção artesanal consiste na produção do artigo desde o seu início até a sua conclusão recorrendo apenas a modos artesanais e manuais. Isso requer o uso de mão-de-obra altamente especializada, ou seja, com conhecimentos e experiência para produzir o produto durante todas as diferentes etapas do processo. Outra das características deste tipo de produção é o facto de não existirem dois produtos iguais, uma vez que os produtos fabricados desta forma não estão sujeitos a padrões de normalização ou a requisitos de qualidade dos seus componentes. Os pontos fracos da produção artesanal são os elevados custo de produção, a baixa produtividade e a consistência da qualidade do produto final (Womack et al., 1992).

O conceito de produção em massa, introduzido inicialmente na produção de automóveis, foi criado nos princípios da revolução industrial (início do século XX) por Henry Ford, considerado por muitos um pioneiro na indústria automóvel. No sistema de produção em massa, é usado o conceito de linhas de produção, que se caracteriza por cada funcionário estar associado a um único posto de trabalho e desempenhar uma tarefa específica nos veículos que lhe chegam no transportador da linha. A permutabilidade das peças e a simplicidade de montagem das mesmas é o elemento fundamental para o conceito de produção em massa (Womack et al., 1992). O principal objetivo de Ford foi o aumento da capacidade produtiva e a redução dos custos unitários. Apesar destas vantagens, a satisfação no local de trabalho era reduzida e os custos relacionados com a transferência entre modelos (para alterar o tipo de carro a produzir) eram muito elevados. Segundo alguns autores e historiadores, foi esta última desvantagem levou ao declínio da quota de mercado da Ford. De facto, uma das desvantagens presentes

na indústria automóvel nessa altura era o facto de oferecer pouca diversidade de produtos, dado que os processos recorriam a processos de fabrico complexos e pouco flexíveis, o que limitava a capacidade da indústria se adaptar ao que o mercado pretendia. Aliás, ficou famosa a expressão proferida por Henry Ford, que retrata isto mesmo: “O cliente pode ter o carro pintado da cor que desejar desde que seja preto.” (Ford, 1922). Posto isto, as empresas americanas foram levadas a procurar novos métodos de produção em alternativa à produção em massa.

Por volta de 1950, Taiichi Ohno, engenheiro da Toyota, desenvolvia um novo sistema de produção mais económico e que acompanhava em “tempo real” o pretendido pelo mercado. Ohno desejava que este modelo respondesse à situação económica japonesa daquela altura e à concorrência dos mercados externos. Assim, o TPS assumia-se como uma nova metodologia (Monden, 1983; Ohno, 1988). Este sistema foca-se na redução e eliminação dos desperdícios, na adaptação à procura por parte do cliente (Womack et al., 1992) e assenta em 4 conceitos chave:

- *Just-in-time (JIT)*, que consiste em produzir unicamente o que o cliente pretende, nas quantidades e prazos acordados;
- *Jidoka (Autonomation)* tem como objetivo impedir que os defeitos passem para o processo seguinte, dando aos operadores ou sistemas automáticos a autonomia para parar o processo em caso de defeito, até que este seja resolvido, dando assim origem a zero defeitos;
- *Shojinka* (força de trabalho flexível) incita as empresas a adaptarem o número de trabalhadores mediante da procura de encomendas por parte dos clientes, assim como, a ajustar as funções dos trabalhadores mediante das necessidades da produção;
- Sistema de sugestões (Pensamento criativo) permite a participação dos trabalhadores na melhoria dos processos produtivos, podendo estes sugerir qual a forma de agir ou implementar determinada melhoria (Monden, 2011).

Fazendo uso destes 4 conceitos fulcrais, o TPS apresenta melhorias significativas em relação aos sistemas descritos anteriormente, ao nível da qualidade do produto, da produtividade e dos serviços prestados aos clientes. Isto cria, naturalmente, um aumento do nível de competitividade das empresas (James P. Womack et al., 1992). As duas principais vantagens com a diminuição/eliminação total dos desperdícios são, segundo Ohno, (1988):

1. Aumento da eficácia, através da redução dos custos, produzindo somente o necessário e com o mínimo de mão-de-obra.

2. Aumento da eficiência da fábrica, que resulta da propagação das melhorias implementadas por toda a fábrica.

Womack et al., (1992) utilizaram o termo *Lean* para descrever este método de produção usado pela Toyota. Para Womack, *Lean Production* é “*Lean*” (magro), dado que tudo é utilizado numa quantidade menor, comparativamente à produção em massa – menor esforço humano na produção, menor espaço utilizado, menor investimento em maquinaria e menor tempo a desenvolver um novo produto.

2.2 Princípios *Lean*

Existem 5 princípios que são considerados essenciais para a filosofia *Lean* e para a eliminação do desperdício, de acordo com Womack & Jones, (1997): criar valor; definir a cadeia de valor; criar fluxo; adotar o sistema *Pull* e a implementar melhoria contínua (Figura 2). No entanto, Pinto, (2014) acrescenta mais dois princípios, no sentido de colmatar certas lacunas presentes na teoria de Womack & Jones (1997). Um deles é a identificação dos *stakeholders* e deve ser encarado como o primeiro princípio desta nova abordagem. O outro é usar a inovação de uma forma constante, completando assim, a visão deste autor.

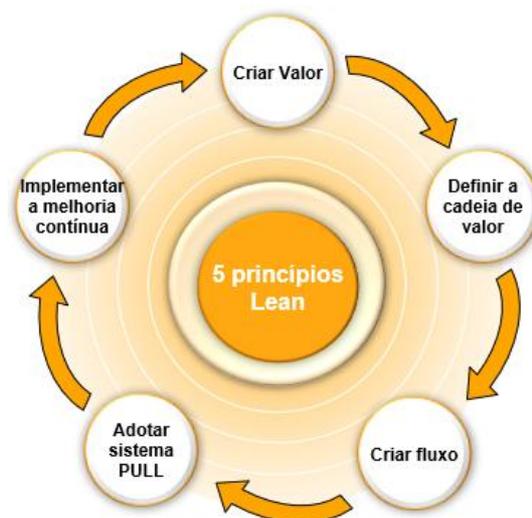


Figura 2 - Os cinco princípios lean thinking

1. Criar valor – este valor gerado destina-se à satisfação de todos os *stakeholders*. Todos têm interesses e necessidades específicas e a sua satisfação resulta no valor criado pela organização;
2. Definir a cadeia de valor - as organizações têm de definir para cada parte interessada a respetiva cadeia de valor com o intuito de satisfazer simultaneamente todos os seus *stakeholders* entregando-lhes valor. A empresa deve procurar o equilíbrio de interesses entre todas as partes;

3. Criar fluxos – para que se possa eliminar problemas no fluxo contínuo e para refletir sobre práticas de trabalho de forma a eliminar fluxos inversos, deve-se procurar sincronizar os meios envolvidos na criação de valor;
4. Implementar o Sistema *Pull* - as atividades são realizadas com o objetivo de repor os produtos retirados pela atividade posterior. Ou seja, as operações só são executadas quando necessárias, evitando assim, um excesso de inventário e de produção;
5. Implementar a melhoria contínua - deve ser incentivada a procura da perfeição na criação de valor a todos os níveis da organização, tendo em consideração a voz do cliente (quer interno, quer externo) e procurando ser breve. Isto permitirá às organizações melhorarem continuamente.

2.3 Desperdícios *Lean*

Desperdício é toda a atividade que utilizando recursos, aumenta os tempos e os custos de produção, mas não acrescenta valor ao produto aos olhos do consumidor final.

Num sistema de produção, os desperdícios podem ser identificados em qualquer processo e, por vezes, a mínima alteração pode originar vantagens económicas consideráveis. Com o propósito de obter melhorias na produtividade, na qualidade e no prazo de entrega dos produtos, Ohno (1988) identificou sete tipos de desperdícios: movimentos, esperas, transportes, inventários (*stock*), defeitos, sobreprocessamento e sobreprodução (Figura 3).



Figura 3 - Os sete desperdícios (Continental, 2019)

1. Movimentação – Este desperdício está relacionado com os movimentos efetuados pelos operadores que não acrescentam ao produto. Uma organização fraca dos postos de trabalho, condições ergonómicas inapropriadas e um layout desajustado são apontados como causas para o surgimento deste desperdício;
2. Esperas – refere-se ao tempo que as pessoas ou equipamentos perdem sempre que estão à espera de algo (por exemplo, operários e/ou máquinas parados à espera do processo a montante/jusante ou autorizações diversas);
3. Transportes - desperdício que está relacionado com o movimento do produto de um certo espaço fabril para outro. Uma das suas causas é, por exemplo, um layout ineficiente que não beneficia em nada o fluxo produtivo e cria a necessidade do transporte entre processos;
4. Inventário – ocorre quando se produz em excesso, o que se traduz numa necessidade de mais mão-de-obra, espaço ou manuseamento. O excesso de inventário cria um uso excessivo de recursos, de movimentações dispensáveis, problemas de qualidade e a ocupação de meios de armazenamento;
5. Defeitos – são definidos como inconformidades presentes no produto, ou seja, significa que o produto não se encontra dentro dos parâmetros impostos. Os defeitos estão associados a diversos tipos de perdas (por exemplo, custo dos materiais, da mão-de-obra, do uso da maquinaria, movimentações e transportes desnecessários, entre outros). Em consequência, a produtividade baixa e o custo dos serviços/produtos aumenta;
6. Sobreprocessamento - consiste na realização de atividades suplementares que não acrescentam valor para o cliente. O retrabalho ou processamento incorreto implica a utilização de esforços que não acrescentam valor ao produto ou ao serviço;
7. Excesso de produção (sobreprodução) – este tipo de desperdício ocorre quando existe uma produção de bens para além da procura de mercado, ou seja, em excesso ou mais cedo do que o necessário, resultando em aumento dos níveis de stocks, ocupação desnecessária de recursos e, conseqüentemente, em fracos fluxos produtivos (Ohno, 1988).

2.4 *Lean Logistics*

De uma forma breve, o conceito de *Lean Logistics* apresenta-se como uma extensão ao conceito de *Lean Management* (LM) e tem como principal intuito a entrega do material correto, na quantidade correta, no

local exato e nas condições desejadas, o que obriga a que todas estas operações devam ser realizadas com o máximo de eficiência possível (Baudin & Bard, 2006). Dentro desta metodologia surgem dois conceitos de especial relevância para esta dissertação: o supermercado e o comboio logístico.

2.4.1 Supermercados

Os supermercados ou armazéns avançados são uma das estratégias do *Lean Logistics* e caracterizam-se por serem uma estrutura física que serve de espaço intermédio para armazenar os materiais necessários para a produção e localizam-se junto às linhas de produção (Figura 4).

Segundo Emde & Boysen, (2012) esta estratégia possibilita a redução do WIP evitando esperas de material por parte da produção, as distâncias percorridas entre o armazém de matéria-prima diminuem e as unidades de produção são integradas no fluxo de uma forma mais eficiente. Os supermercados usualmente têm posições definidas para cada referência de material, permitindo garantir uma entrega periódica e frequente à produção. O abastecimento destes supermercados fica a cargo do comboio logístico, ou do processo anterior.

O supermercado ideal seria, assim, aquele que fosse capaz de realizar o abastecimento de materiais diretos à produção, na quantidade e hora exatas.

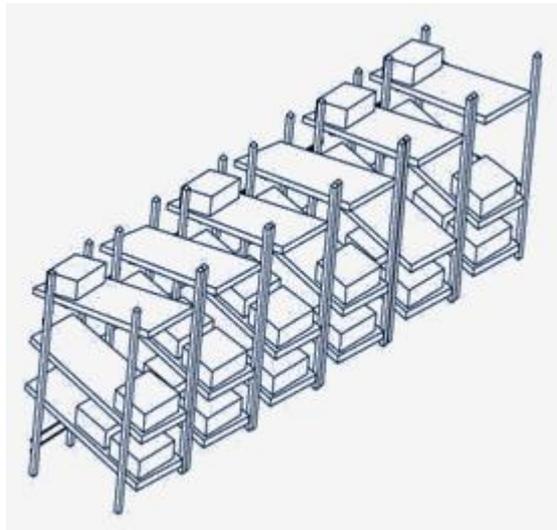


Figura 4 - Esquema de um supermercado (fonte: <http://leanop.com/cms/glossario/>)

2.4.2 Comboio Logístico

O comboio logístico é um meio de transporte para abastecer as zonas de produção (Figura 5). É designado por comboio uma vez que nele são atrelados pequenos vagões para transportar matérias-primas, peças e ferramentas, pelo chão de fábrica. Os materiais são transportados, em pequenas quantidades, do armazém até às linhas de produção em intervalos de tempo regulares e seguindo

sempre a mesma rota. Algumas das vantagens em relação a meios de transporte como empilhadores ou porta-paletes são as seguintes:

- Entregas baseadas nas necessidades de cada posto de trabalho;
- Entrega de múltiplos materiais e componentes (em pequenas quantidades);
- Falhas no fornecimento de materiais são detetadas atempadamente e corrigidas;
- O comboio logístico tem a capacidade de levar caixas cheias e de trazer as vazias com apenas uma viagem;
- Apenas necessita de um interveniente no manuseamento de materiais (o próprio operador do comboio).

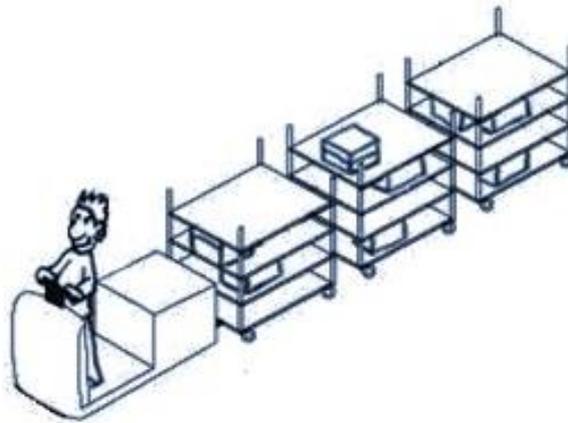


Figura 5 - Representação de um comboio logístico (fonte: <http://engenhariadeproducaoindustrial.blogspot.com/2013/02/mizusumashi.html>)

Este meio de transporte logístico confere ao sistema produtivo uma alta flexibilidade ao possibilitar mudanças na rota de distribuição ou o arranjo físico da fábrica. Segundo Pinto (2014), este é um dos ganhos essenciais comparativamente aos sistemas automatizados, cujo tempo e custo necessários para a reformulação do *layout* inviabilizam a mudança.

2.5 Principais ferramentas *Lean*

2.5.1 Metodologia 5S

Esta metodologia foi criada no Japão por volta dos anos 60 e é uma das ferramentas mais práticas para promover a melhoria contínua nas empresas de maneira progressiva. Refere-se a um conjunto de condutas que pretendem reduzir o desperdício e melhorar o desempenho dos processos e das pessoas

recorrendo a uma abordagem que assenta na criação e manutenção de condições ótimas dos locais de trabalho.

A designação 5S provém de 5 palavras japonesas que se referem a práticas de bom senso, a saber (Hiroyuki, 1990):

- *Seiri* (separação) – Identificar itens desnecessários no posto de trabalho, separar o útil do inútil;
- *Seiton* (organização/arrumação) – Definir um local para cada objeto e verificar que este se encontra no seu local;
- *Seiso* (limpeza) – Proceder à limpeza e inspeção do posto de trabalho e da área envolvente;
- *Seiketsu* (normalização) – Criar uma norma de limpeza e inspeção para o posto de trabalho;
- *Shitsuke* (disciplina) – Praticar e manter os princípios de sistematização e limpeza, se necessário, com recurso a auditorias, por exemplo.

Uma das grandes barreiras do 5S passa por conseguir mantê-lo ao longo do tempo dado que as regras devem ser cumpridas e preservadas e muitas vezes a cultura de uma comunidade pode revelar-se limitadora nesse sentido.

2.5.2 Plano 5W2H

Esta metodologia, caracteriza-se por permitir planejar a implementação de ações de melhoria, além de poder ser usada em qualquer processo de decisão. Consiste na obtenção de resposta a 7 perguntas essenciais: quem (*who*), onde (*where*), o quê (*what*), quando (*when*), porquê (*why*), como (*how*) e quanto (*how much*). Desta forma, o problema é identificado, é planeada a sua resolução e é solucionado, ao invés de se resolver apenas o sintoma.

2.5.3 Análise ABC

A noção de análise ABC baseia-se no Princípio de Pareto criado pelo economista Vilfredo Pareto, que ao efetuar um estudo acerca da distribuição da riqueza na sociedade Milaneza, no século XIX, verificou que 80% da riqueza era controlada por 20% da população.

Em contexto industrial, esta análise ABC pode ser utilizada, por exemplo, na identificação e categorização dos clientes de uma empresa e assim perceber quais os que trazem maior valor para a organização. Considerando este exemplo, os clientes são agrupados em três categorias por ordem de importância, com base na regra de 80-20, que mostra que a maioria dos lucros provém de determinados clientes. Por exemplo, 80% das vendas são efetuadas para 20% dos clientes (ver Figura 6).

Considerando dados anteriores como um parâmetro de escolha para avaliação da carteira de clientes, esta caracterização pode ser feita da seguinte maneira:

- Classe A – 75 a 80% das vendas, provêm de 15 a 20% dos clientes;
- Classe B – 10 a 15% das vendas, provêm de 20 a 25% dos clientes;
- Classe C – 5 a 10% das vendas, provêm de 60 a 65% dos clientes.

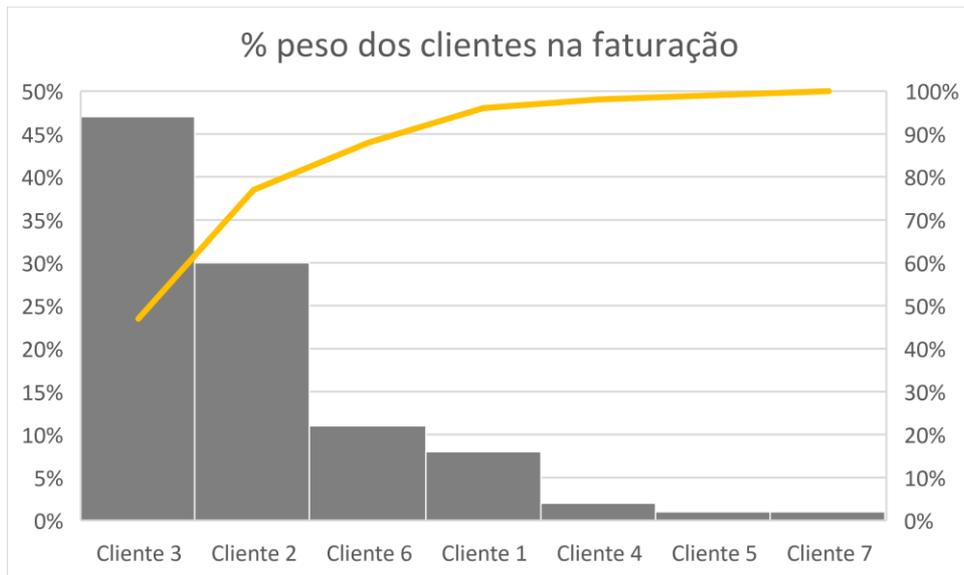


Figura 6 - Exemplo de um diagrama de Pareto

2.5.4 Gestão Visual

É um processo que aumenta a eficácia das operações, tornando as ocorrências visíveis e menos dependentes de formalidades. Garante que a presença de anormalidades é detetada imediatamente, aumentando a responsividade da tomada de ações corretivas. A informação visual deve ser o mais compreensível possível para que qualquer pessoa receba todas as informações claramente (Pinto, 2014). Alguns exemplos de controlo visual podem ser: linhas ou marcas no pavimento, sinais sonoros, luzes de várias cores (Figura 7) ou gráficos/diagramas.



Figura 7 - Semáforos como exemplo de gestão visual

2.5.5 Mapa do Fluxo de Valor (VSM)

O *Value Stream Mapping* (VSM) consiste na representação esquemática dos fluxos (de materiais e de informação) desde a entrada de matérias-primas no processo produtivo até à saída do produto acabado do respetivo processo, ou seja, até ser entregue ao cliente (Rother & Shook, 2003). Um exemplo esquemático de um VSM pode ser visualizado na Figura 8.

Segundo Pinto (2014), o VSM é um excelente ponto de partida para se iniciar a implementação de *Lean Manufacturing* numa organização e algumas das suas vantagens são:

- a) Permite uma visão de toda a cadeia de valor não se concentrando em partes específicas;
- b) Ajuda a identificar os desperdícios e as suas origens ao longo de toda a cadeia;
- c) Fornece uma linguagem comum, simples e intuitiva;
- d) Favorece uma abordagem global aos conceitos e ferramentas *Lean*;
- e) Fornece uma base para um plano de implementação;
- f) Demonstra a ligação entre os vários fluxos na organização.

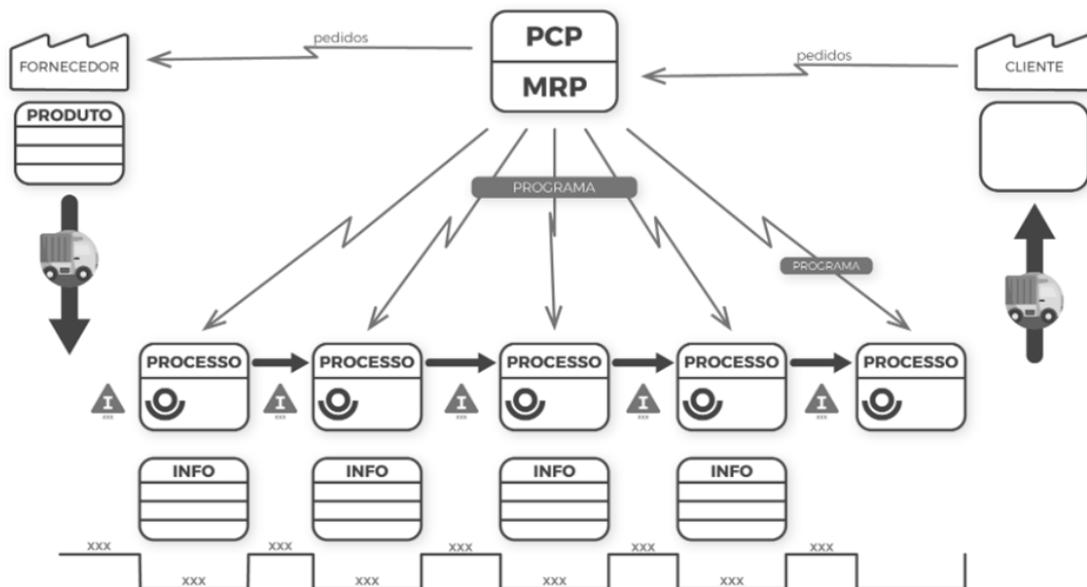


Figura 8 - Esquema de um VSM (fonte: <https://www.nortegubisian.com.br/blog/value-stream-mapping-vsm>)

De acordo com (Rother & Shook, 2003) a aplicação desta metodologia compreende as seguintes etapas:

1. Identificar a família de produtos a analisar;
2. Construir o mapa do fluxo de valor do estado atual;
3. Construir o mapa do fluxo de valor do estado futuro;

4. Estabelecer o plano de implementação de propostas de melhoria para atingir esse estado futuro.

Depois da obtenção do VSM atual a empresa está em condições de quantificar tempos e atividades que acrescentam, ou não, valor. Utilizando este mapa atual e depois de definidos os objetivos de melhoria inicia-se o VSM do estado futuro. Tendo em conta os objetivos, tempo e recursos disponíveis deve ser criado o plano de atuação para alcançar o estado futuro, plano esse que pode ser, por exemplo, a metodologia 5W2H descrita anteriormente.

É importante referir que existem, no entanto, alguns pontos fracos. Dos quais, os mais destacados segundo Sá et al., (2011), é apenas permitir mapear uma família de produtos de cada vez e a dificuldade em transmitir os resultados a outros intervenientes quando estes não estão familiarizados com esta metodologia. Já de acordo com Chitturi et al., (2007) e Nazareno et al., (2003), existem duas desvantagens principais: o VSM é focado em fluxo de materiais/informação e não representa o fluxo de pessoas; e este método tem sérias limitações na representação de uma grande diversidade de produtos e rotas de produção.

2.5.6 Diagrama de Identificação de Desperdícios (WID)

No sentido de colmatar as limitações da metodologia VSM, mencionadas anteriormente, professores do Departamento de Produção e Sistemas da Universidade do Minho criaram há alguns anos um novo tipo de diagrama – o *Waste Identification Diagram* (WID). O WID é uma ferramenta visual que permite descrever um sistema de produção reunindo informação sobre processos, pessoas e fluxos de materiais, indicadores de desempenho e ainda de desperdícios, nomeadamente de transporte, inventário e sobreprodução. Pode (e deve) ser ainda utilizado como uma ferramenta de melhoria contínua. Este diagrama é constituído por uma rede de blocos, os *Block Icon*, e setas, as *Transportation Arrow*, elaborados à escala, permitindo assim obter uma perceção visual de todos os pontos onde ocorrem os referidos desperdícios (Sá et al., 2011). Os *Block Icon*, representados por paralelepípedos na Figura 9, onde a sua dimensão física fica condicionada por quatro variáveis: o *Takt Time* (TT), o Tempo de Ciclo (TC), o *Work In Process* (WIP) e o *Changeover time* (C/O). A sigla WS (*Work Station*) presente no exemplo, serve apenas para identificar os postos de trabalho.

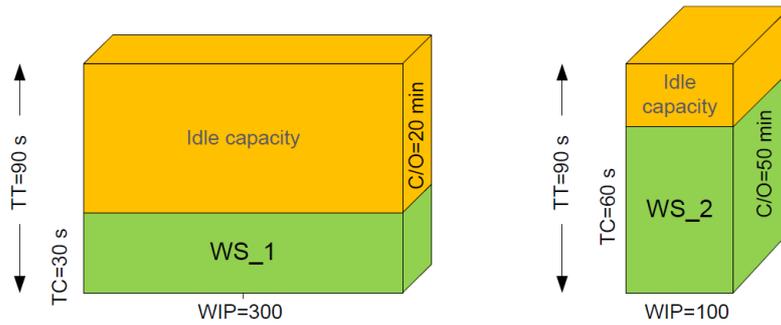


Figura 9 - Dois blocos representando dois processos diferentes (Sá et al., 2011)

Observando o exemplo ilustrado, consegue-se perceber, simplesmente olhando para os blocos, que quanto maior é o bloco, maiores serão os desperdícios a ele associados. A saber:

- WS_1 retém mais WIP que o WS_2;
- Os TC do WS_1 e do WS_2 não estão equilibrados ($TC_{WS_1}=30s$ e $TC_{WS_2}=60s$);
- O lead time do WS_1 é maior que o lead time do WS_2 (observado pela área frontal de cada bloco). Como é referido na Lei de Little, o lead time é igual ao tempo de espera (neste caso é o WIP, comprimento dos blocos) dividido pela taxa de produção (neste caso, o TT, altura total dos blocos). Assim sendo e fazendo uso desta lei, confirma-se que a área frontal do segundo bloco é superior ao primeiro;
- O tempo de mudança (*changeover*) para o WS_2 é maior que o tempo de mudança para o WS_1. Isto porque a profundidade do WS_2 é superior ao WS_1;
- WS_1 tem mais capacidade subaproveitada (área amarela) do que o WS_2.

Para representar o esforço que é necessário realizar para transportar os materiais entre os postos de trabalho, é usada a *Transport Arrow*, que pode ser medido em $kg \cdot m / dia$ ou €. A dimensão do vetor está diretamente relacionada com o esforço, ou seja, quanto maior for a largura do vetor, maior será o esforço associado a esse movimento (Sá et al., 2011). Na Figura 10, pode constatar-se que o vetor do lado direito envolve um maior esforço de transporte/movimentação.

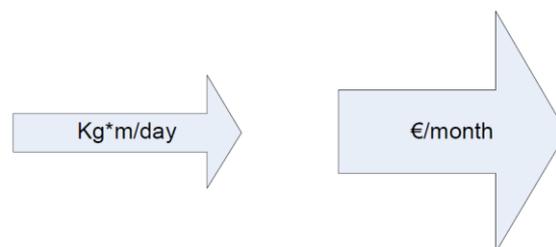


Figura 10 - Transportation Arrow (Sá et al., 2011)

Na Figura 11 temos representado um Exemplo de um WID de um sistema de produção real.

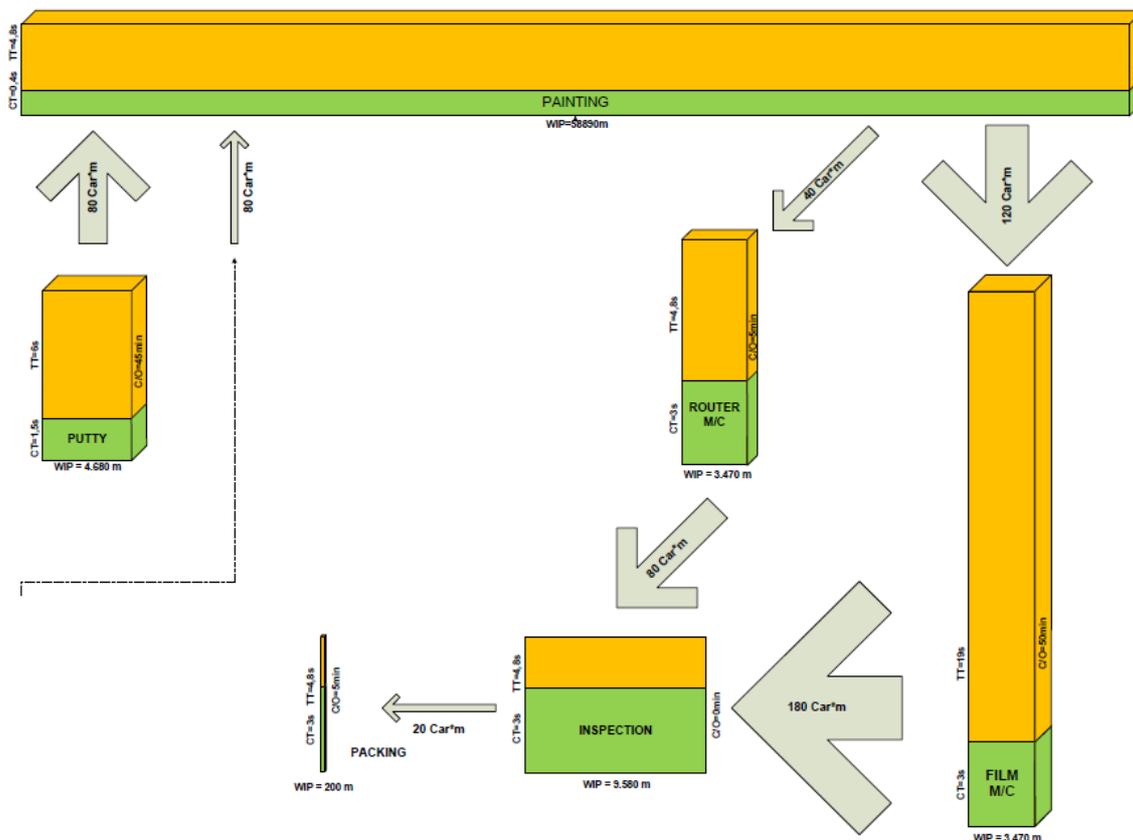


Figura 11 - Exemplo de um WID (Sá et al., 2011)

O WID apoia a gestão na identificação e tomada de decisão em relação a alguns tipos de desperdícios que estão presentes nos sistemas produtivos e o emprego desta metodologia apresenta alguns dos pontos fortes:

1. é de fácil entendimento, devido à semântica das noções gráficas que apresenta;
2. possibilita uma percepção visual imediata de desperdício, dado que quanto maior for a escala dos esquemas apresentados, maior será o desperdício a eles associados;
3. permite representar mais do que um fluxo produtivo;
4. pode ser utilizado no processo de melhoria contínua e identifica os desperdícios de transporte, inventário e sobreprodução e os custos a eles associados;
5. pode apresentar o layout do processo produtivo;
6. pode ser usado para apresentar a eficiência da utilização de mão-de-obra.

No entanto, uma desvantagem apresentada pelo WID, de acordo com (Sá et al., 2011), é o tamanho do diagrama. Isto porque quanto mais complicado for o processo modelado, mais área para desenhar será necessária, dado que os itens são dispostos à escala (Sá et al., 2011).

2.5.7 Indicador OEE

O OEE à eficácia global e é um indicador chave de performance (KPI) e mede o desempenho de equipamentos. Se for calculado para todos os equipamentos do processo, permite medir o desempenho do processo. É considerado uma excelente ferramenta para monitorizar o índice de eficiência do sistema produtivo. Este indicador faz uso de 3 elementos presentes na criação de valor: a disponibilidade, a velocidade e a qualidade (Tabela 1). Importa referir que a cada um deles corresponde uma fórmula que é usada no cálculo do OEE e cada um também possui perdas associadas, nomeadamente:

Tabela 1 - Descrição dos elementos do OEE

	Fórmulas	6 Grandes perdas
Disponibilidade	$D = \frac{\text{Tempo de Funcionamento}}{\text{Tempo de Abertura}}$	Paragens não planeadas Paragens planeadas
Velocidade	$V = \frac{\text{Tempo de Ciclo Ideal} \times \text{Peças produzidas}}{\text{Tempo de Funcionamento}}$	Pequenas paragens Velocidade reduzida
Qualidade	$Q = \frac{\text{Peças conforme}}{\text{Peças produzidas}}$	Rejeitados de produção Rejeitados de arranque
OEE	$OEE = D \times V \times Q$	

É um cálculo simples que possibilita comparar máquinas distintas, verificando a evolução destas, ao longo do tempo.

A Figura 12 define quais os diferentes tipos de tempos, paragens e perdas utilizadas no cálculo do OEE.

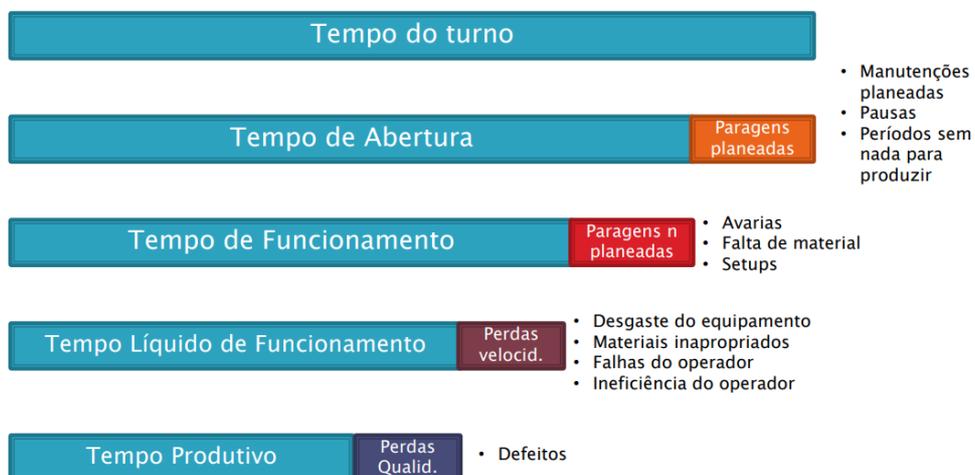


Figura 12 - Diferentes parâmetros usados no cálculo do OEE (Sousa & Carvalho, 2019)

Obter um valor acima de OEE de 85%, considerado um valor de classe mundial, é extremamente complicado e poucas empresas no mundo, o conseguem alcançar. Para atingir este resultado é necessário cumprir as seguintes condições:

- Disponibilidade, maior ou igual 90%;
- Performance, maior ou igual 95%;
- Qualidade, maior ou igual à 99,9%.

Desta forma, um equipamento que atinja ou supere cada uma destas condições, é considerado um equipamento que possui um desempenho de classe mundial.

2.5.8 Metodologia SMED

A metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die*) inicialmente desenvolvida por Shingo (1985), consiste na realização de tarefas que visam a constante redução dos tempos e das atividades de mudança de produto (*changeover*) com o intuito de racionalizar a utilização dos recursos e aumentar a flexibilidade dos processos. Esta mudança deverá ser inferior a 10 minutos, daí a expressão “*Single Minute*”.

Importa referir que diminuindo o tempo de mudança, é possível diminuir o tamanho dos lotes e quando isto acontece, torna-se possível à empresa ter uma resposta mais competente face às requisições exigidas pelo cliente. Outras vantagens apresentadas são, por exemplo o aumento da disponibilidade e da capacidade de produção ou a redução do inventário.

Durante o *setup*, não é acrescentado valor e assim sendo é considerado um desperdício. Como todo o desperdício, deve ser eliminado, ou pelo menos reduzido.

O tempo de preparação das máquinas é definido como sendo o tempo desde que é produzida a última peça conforme de um lote até ser produzida a primeira peça conforme do lote seguinte.

No esquema da Figura 13 estão representadas de forma simplificada as características de um procedimento SMED. Nos eixos estão representados a capacidade produtiva do sistema e o tempo. Numa primeira fase nota-se que a produção do lote A está no seu máximo até existir um decréscimo da velocidade. Isto pode ficar-se a dever ao facto de os detalhes do processo exigirem que a troca comece com uma desaceleração do processo. Seguidamente observa-se a fase de real paragem da máquina onde nada é produzido e é aqui que o *setup* interno é realizado (as tarefas são executadas com a máquina

parada). Quando este *setup* interno acaba, a máquina começa a arrancar até chegar à sua velocidade máxima de produção.

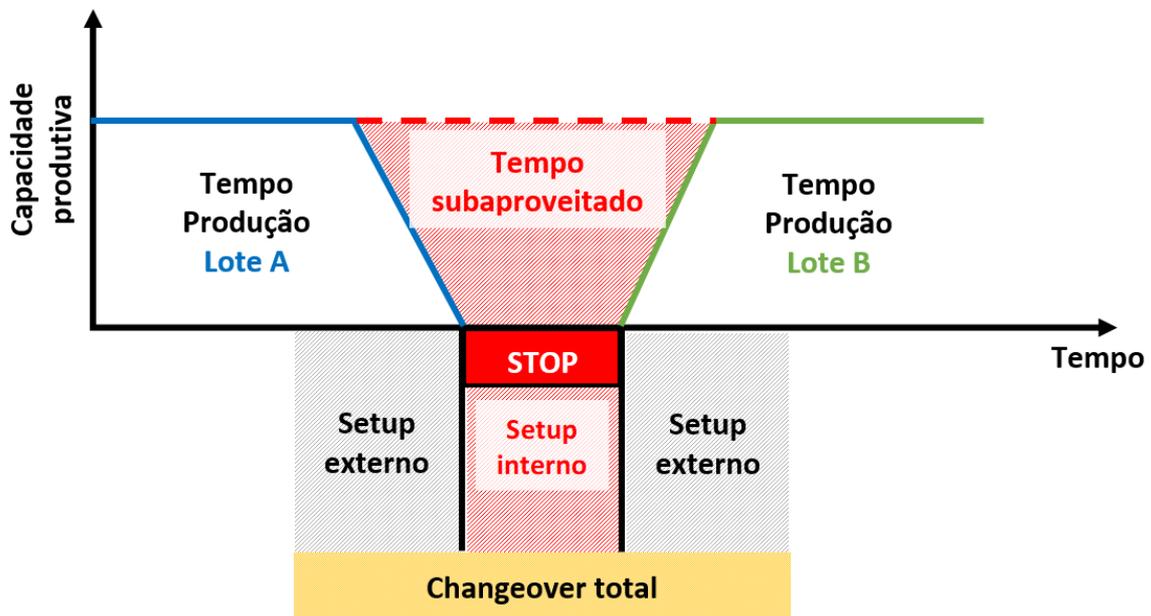


Figura 13 - Descrição de um changeover

Neste arranque, o processo leva algum tempo até que produza peças conformes a toda velocidade novamente. Isto pode ocorrer por vários motivos diferentes, um dos quais, será que durante este período, pode haver verificações de qualidade mais frequentes, ajustes no processo e conseqüentemente uma maior probabilidade de peças não conformes/defeituosas.

Durante as fases de decréscimo da produção do lote A e aumento da produção do lote B são realizadas tarefas correspondentes ao *setup* externo, como a preparação das ferramentas para proceder ao *setup* aquando da paragem da máquina ou a arrumação de todos os recursos utilizados depois da realização do mesmo.

O tempo que decorre desde o decréscimo na produção até que ela é retomada novamente a toda a velocidade, é considerado desperdício (tempo subaproveitado).

No geral, produz-se uma menor quantidade de peças boas do que durante a produção normal, logo, isto faz parte das perdas de produção devido à troca.

De acordo com Shingo (1985), a implementação da metodologia SMED decorre em três fases (Tabela 2).

Tabela 2 - Fases da aplicação do SMED (adaptado de Shingo, (1985))

Fase	Descrição	Técnicas
1	Identificação e separação das operações internas e externas	Listas de verificação; Verificação das condições de funcionamento; Melhoria nos transportes.
2	Transformação das operações internas em operações externas	Preparação antecipada das operações; Padronização de funções; Utilização de guias intermediárias.
3	Melhoria sistemática das operações internas e externas	Melhoria no armazenamento e transporte de materiais e ferramentas; Implementação de operações em paralelo; Uso de fixadores funcionais; Eliminação de afinações finais; Automação.

As fases 1 e 2 acabam por ser realizadas em conjunto, por apresentarem uma homogeneidade e devido à sua importância, muitas empresas nem chegam a aplicar o estágio 3 (Shingo, 1985). Apesar de não constar da tabela apresentada, o autor acrescenta ainda uma fase preliminar onde apenas é efetuada a observação do procedimento atual que se encontra desorganizado e não planeado.

2.5.9 Trabalho Normalizado

O trabalho normalizado (ou *standard work*) é uma das ferramentas mais poderosas do *lean*, mas é uma das menos destacadas quando se fala nesta metodologia. Consiste na definição e execução de tarefas com uma determinada sequência de operações a realizar num determinado posto de trabalho (Yasuhiro Monden, 2011). Padronizando esses processos, a empresa, além de estar a contribuir para a redução dos desvios, custos e acidentes, garante ainda a consistência das operações, produtos e serviços (Pinto, 2014).

Durante o tempo de produção numa linha, a padronização definida previamente, deve ser aperfeiçoada/otimizada no sentido de permitir que o novo padrão se torne a base para melhorias adicionais e assim por diante. Melhorar o trabalho normalizado é um processo sem fim.

O autor conclui com a seguinte reflexão de Ortiz (2013), que refere que o *standard work* é a forma mais eficiente, segura e prática de se realizar o trabalho.

2.5.10 Manutenção Produtiva Total

A Manutenção Produtiva Total ou TPM, é um programa para maximizar a disponibilidade dos equipamentos, realizada através de manutenção preventiva e preditiva, transferindo a responsabilidade para executar algumas tarefas diárias de manutenção para os operadores (Lopes, 2019). Tem como

objetivo eliminar as fontes de desperdício nas instalações fabris: tempos de preparação e ajustes; pequenas paragens, redução da velocidade; produtos defeituosos e perdas de início de produção. Como consequência, a produtividade, a qualidade e a vida útil dos equipamentos aumenta (Figura 14).



Figura 14 - Benefícios do TPM

Esta metodologia é alicerçada por 8 pilares, originando a casa TPM (Figura 15):

- Manutenção autónoma - Coloca a responsabilidade pela manutenção de rotina, como limpeza, lubrificação e inspeção, nos operadores;
- Manutenção planeada - Agenda tarefas de manutenção com base nas taxas de falha previstas e/ou medidas;
- Melhorias específicas (Kobetsu) - Grupos de funcionários trabalham juntos para obter melhorias na operação do equipamento;
- Educação e formação - Preenche as lacunas de conhecimento necessárias para atingir as metas do TPM. Aplica-se a operadores, pessoal de manutenção e gerentes;
- Gestão de equipamentos - Direciona o conhecimento prático e a compreensão dos equipamentos de fabricação adquiridos através do TPM para melhorar o design de novos equipamentos;
- Gestão da qualidade do processo - Deteta e previne erros nos processos de produção. Analisa a causa raiz para eliminar fontes de defeitos de qualidade;
- Segurança e meio ambiente - Mantém um ambiente de trabalho seguro e saudável;
- TPM em áreas administrativas - Aplica estas técnicas a funções administrativas.

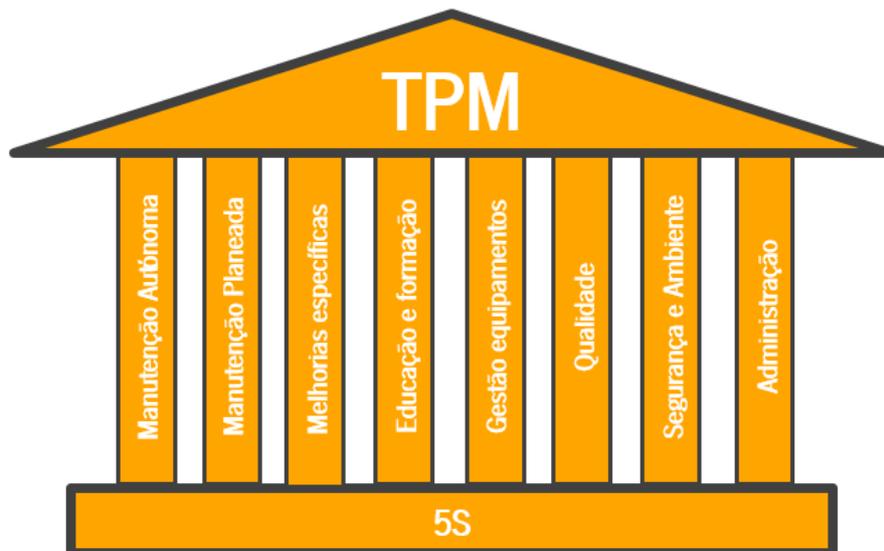


Figura 15 - Casa TPM

Para a implementação do TPM são necessários 4 passos:

1. Preparação – é criado um grupo para implementação do TPM que tem a responsabilidade de definir o objetivo a atingir e delinear o plano para o desenvolvimento da melhoria.
2. Implementação preliminar – é apresentado do plano de implementação aos operadores intervenientes.
3. Implementação – Melhorar a eficiência dos equipamentos através da definição do programa de manutenção autónoma. Implementar o programa de manutenção planeada, dando formação para a melhoria de aptidões na operação e na manutenção por parte dos operadores. Desenvolver um programa de gestão de novos equipamentos.
4. Fase de estabilização – Implementar o TPM e definir metas futuras mais ambiciosas.

2.5.11 *Kanbans*

No sentido de controlar o fluxo de materiais, pessoas e informação no chão-de-fábrica de uma forma simples, visual e intuitiva, foi criado o *kanban*. O *kanban* é um sinal de necessidade. Estes podem ter a forma de cartões, caixas ou de sinais eletrónicos. A sua aplicação garante o funcionamento da produção puxada onde o processo seguinte é que dita o ritmo de produção do processo anterior (Figura 16).

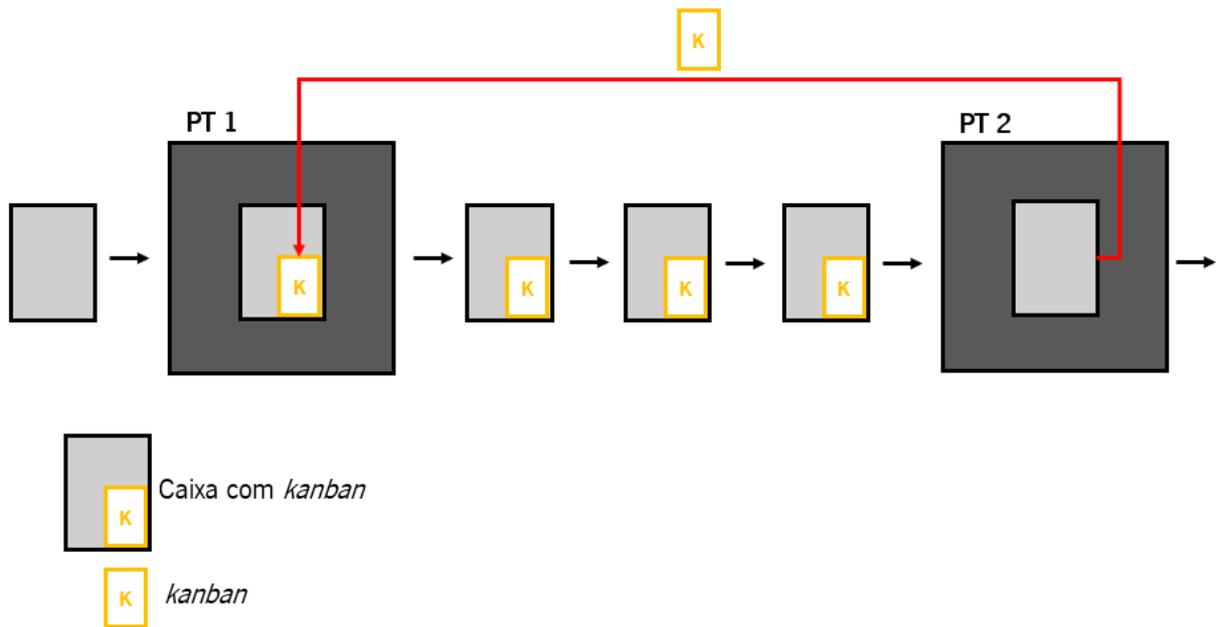


Figura 16 - Sistema Kanban

Segundo Sousa & Carvalho (2019), as principais vantagens do sistema *kanban* são:

- Circulação ágil de informação entre postos de trabalho (peças não-conformes, problemas, avarias);
- Grande interação entre os postos de trabalho (devido à sua grande interdependência);
- Rapidez de reação a uma variação da procura (apenas se produz o necessário para satisfazer a procura);
- Prestar melhor serviço aos clientes (diminuição dos prazos de entrega);
- Descentralização do controlo da produção (efetua-se diretamente na área fabril, levando a uma maior simplificação);
- Diminuição dos “stocks” (mais espaço físico livre).

No entanto existem alguns pressupostos para a implementação desta metodologia, por exemplo:

- Boa organização dos postos de trabalho (motivação e produtividade);
- Tempos reduzidos de preparação das máquinas (rapidez de reação a variações da procura);
- Polivalência dos colaboradores.

No capítulo 5.7, é representado um exemplo de um sistema *kanban* aplicado no chão-de-fábrica e aí é possível entender mais facilmente o seu funcionamento.

2.6 Análise Crítica

O *Lean* é um método já afirmado como uma filosofia organizacional que permite às empresas melhorar as operações e negociar de forma mais eficaz, com maior valor e menos desperdício. Genericamente, esta ideia é partilhada pela totalidade dos autores estudados.

É natural que, com a implementação de um maior número de ferramentas, as empresas melhorem tanto a nível de desempenho como na satisfação dos colaboradores. Além disso, a abrangência do pensamento *Lean* é cada vez maior e não se cinge apenas às empresas de produção de automóveis. O *Lean* e as suas ferramentas podem ser aplicadas em várias organizações de diferentes áreas, e existem já, muitos exemplos de implementações bem-sucedidas em pequenas e médias empresas de produção, na construção e em processos administrativos (Alkhoraif, Rashid, & McLaughlin, 2019).

Relativamente aos desperdícios, existem autores que defendem sete tipos de desperdícios: excesso de produção, espera, transporte, processos inadequados, inventário, movimentos e defeitos. Por outro lado, existem outros que defendem oito ou mais tipos de desperdícios. Pinto, (2014) indica no seu livro que um dos desperdícios menos consensuais é a não-utilização do potencial humano. Isto ocorre quando os colaboradores são vistos somente como uma força de trabalho e não como verdadeiros especialistas do respetivo processo produtivo.

Segundo Bai, Satir, & Sarkis, (2019), uma organização *Lean* não pode ter sucesso, a menos que tenha uma liderança forte e trabalhadores qualificados. Deve existir um compromisso entre gestores e operadores, onde a liderança e trabalho em equipe são cruciais na implementação de um sistema *Lean* bem-sucedido. O autor refere ainda que a implementação desta metodologia é limitada pela capacidade de aprendizagem dos trabalhadores e pode conduzir a ambiguidades sobre as responsabilidades nas tarefas. Muitas vezes, a cultura de trabalho implementada bloqueia as mentes para aceitar o *Lean* como uma ferramenta de melhoria da produtividade (Goshime, Kitaw, & Jilcha, 2019).

No que diz respeito a ferramentas concretas desta metodologia, muitos autores apresentam a análise da aplicabilidade das mesmas nas indústrias e consideram-nas fundamentais para a melhoria contínua. Em relação às ferramentas VSM e WID, os autores estudados referem que ambas têm um grande potencial na identificação dos desperdícios e de oportunidades de melhoria presentes no sistema produtivo. O VSM tem a capacidade de representar claramente o fluxo de materiais e de informação enquanto que o WID apresenta a vantagem de ser uma ferramenta mais visual que permite uma perceção imediata dos aspetos mais importantes do sistema produtivo, mesmo sem ser necessário ler na íntegra os dados presentes no diagrama (Dinis-Carvalho et al., 2015). No entanto, no sentido de minimizar as suas

desvantagens e potenciar os seus atributos, Dinis-Carvalho et al., (2015) propõem combinar as duas ferramentas. Desta forma, os autores declaram que a combinação de VSM com o WID traz benefícios concretos na representação dos sistemas produtivos. O significado dimensional do diagrama e a representação de desperdícios faz com que esta combinação se torne uma eficaz ferramenta de comunicação entre gestores e colaboradores.

No que diz respeito ao SMED, (da Silva & Godinho Filho, 2019) afirma que esta metodologia deve ser usada como consequência do uso de ferramentas de diagnóstico como por exemplo o VSM ou o WID e quando estes identifiquem os *setups* como um fator a passível de ser melhorado. O autor recomenda ainda que a implementação do SMED deve envolver os *stakeholders* e que a gestão deve ser um fator de motivação para toda a equipa. Os resultados apresentados neste estudo, mostram reduções nos tempos de *setup* e, em alguns casos, esses tempos foram reduzidos para tempos inferiores ao esperado.

A aplicação do SMED é requerida quando, por exemplo, o planeamento da produção tem de lidar com encomendas urgentes, muitas vezes de baixo volume e com uma alta variedade de produtos, como é o caso da empresa em estudo nesta dissertação. Arief & Nurlaila, (2019) partilham esta mesma ideologia no seu artigo.

Agung & Hasbullah, (2019) refere que é necessário um aprofundamento do estudo do impacto do SMED, no que diz respeito à redução de custos proveniente do aumento da disponibilidade dos equipamentos, da diminuição dos prazos de entrega, do aumento da qualidade dos produtos e da consequente satisfação do cliente. Verifica-se que para a maioria das empresas, depois de ser obtido sucesso numa das suas linhas produtivas, são replicadas (quando possível) essas alterações nas restantes linhas, no sentido de maximizar os benefícios alcançados (Rosa et al., 2017).

Em jeito de conclusão, é possível verificar que a metodologia criada por Shingo continua a ter um papel extremamente relevante, sendo uma eficiente ferramenta na redução dos tempos de preparação, o que é particularmente significativo em setores altamente competitivos, como a indústria automóvel (Martins et al., 2018).

As dificuldades no sucesso da implementação do *Lean* são o custo de implementação, falta de uma cultura aberta a novas formas de pensar e agir, resistência à mudança ou a falta de uma gestão pró-ativa, para nomear alguns exemplos (Goshime et al., 2019).

Com base na investigação realizada sobre a filosofia *Lean* foi possível compreender que esta pode ser aplicada em qualquer tipo de indústria. No entanto, para poder ser implementada com sucesso, é

essencial existir um estudo prévio sobre a produção e os processos produtivos, de forma a assegurar que as ferramentas aplicadas sejam as mais corretas em cada situação.

3. APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

3.1 Continental AG

A Continental AG foi fundada em 1871 em Hannover, Alemanha, produzindo artigos de borracha e pneus maciços para carruagens e bicicletas. A sua marca (Figura 17) é reconhecida mundialmente como um sinónimo de qualidade e fiabilidade.



Figura 17 - Logotipo Continental AG

Desde então, a empresa tem-se focado na contínua evolução na indústria automóvel. Isto só foi possível fazendo uso de diversas técnicas administrativas e operacionais tendo em vista a evolução do conjunto de todo o seu portfólio de produtos.

No final do ano de 2019, a empresa contava com 243,226 colaboradores, divididos por 60 países, com cerca 544 localizações espalhadas por todo o mundo (Figura 18).

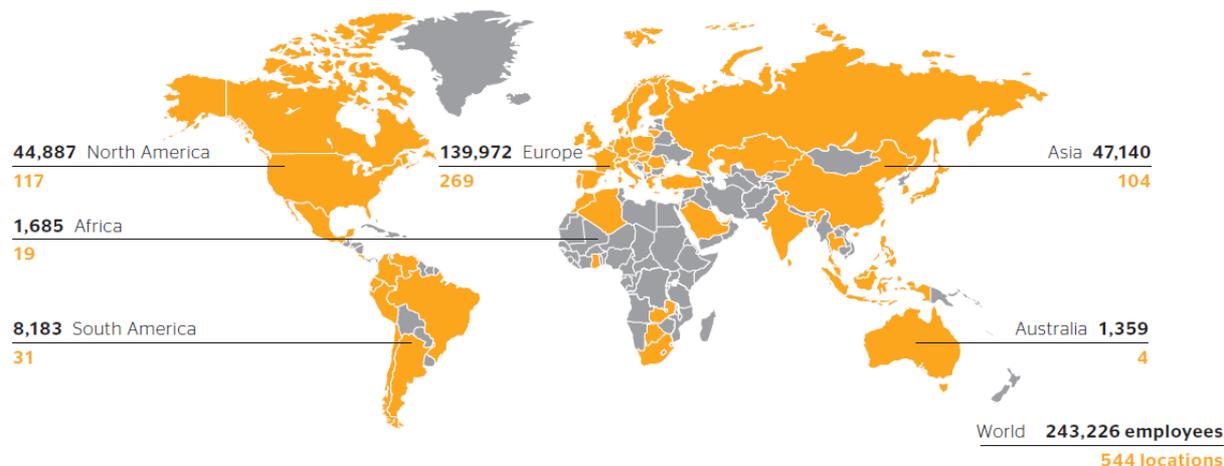


Figura 18 - Localizações das fábricas (Continental, 2019)

Depois de mais de um século de produtos de sucesso derivados da borracha, em 1995, a divisão “Grupo Automotivo” foi criada para intensificar o desenvolvimento e produção de sistemas eletrónicos para a indústria automóvel. Esta divisão foi adicionada ao já existente Grupo de Borracha. A estrutura da empresa pode ser analisada por completo na Figura 19.

Continental Corporation

Sales: €44.4 billion; Employees: 243,226

Automotive Group Sales: €26.9 billion; Employees: 140,016			Rubber Group Sales: €17.6 billion; Employees: 102,763	
Chassis & Safety Sales: €9.6 billion Employees: 49,509	Powertrain Sales: €7.7 billion Employees: 42,601	Interior Sales: €9.7 billion Employees: 47,906	Tires Sales: €11.4 billion Employees: 55,840	ContiTech Sales: €6.3 billion Employees: 46,923
<ul style="list-style-type: none"> › Advanced Driver Assistance Systems › Hydraulic Brake Systems › Passive Safety & Sensorics › Vehicle Dynamics 	<ul style="list-style-type: none"> › Engine Systems › Fuel & Exhaust Management › Hybrid Electric Vehicle › Sensors & Actuators › Transmission 	<ul style="list-style-type: none"> › Body & Security › Commercial Vehicles & Aftermarket › Infotainment & Connectivity › Instrumentation & Driver HMI 	<ul style="list-style-type: none"> › Passenger and Light Truck Tire Original Equipment › Passenger and Light Truck Tire Replacement Business, EMEA › Passenger and Light Truck Tire Replacement Business, The Americas › Passenger and Light Truck Tire Replacement Business, APAC › Commercial Vehicle Tires › Two-Wheel Tires 	<ul style="list-style-type: none"> › Air Spring Systems › Benecke-Hornschuch Surface Group › Conveyor Belt Group › Industrial Fluid Solutions › Mobile Fluid Systems › Power Transmission Group › Vibration Control

Figura 19 - Estrutura da empresa (Continental, 2018)

Nos últimos anos o grupo Continental tem-se dedicado a inovações no âmbito do aumento da segurança, do desenvolvimento de componentes ambientalmente sustentáveis e da maximização do conforto e desempenho dos veículos. Isso reflete-se nas suas vendas que já não são monopolizadas apenas pela indústria dos pneus, verificando-se ao longo destes últimos anos um crescimento das outras divisões da empresa (Figura 20).

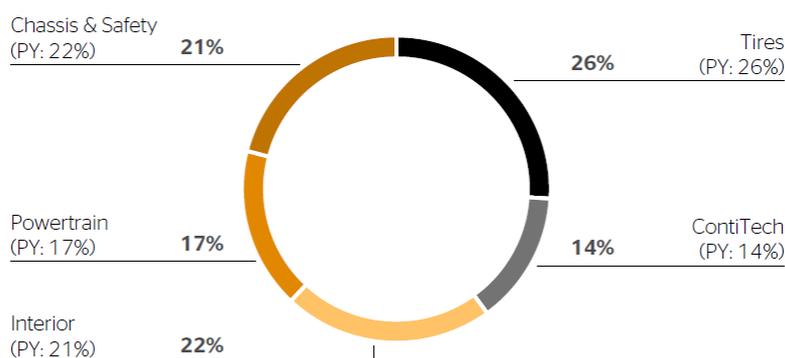


Figura 20 - Vendas por divisão em % (Continental, 2018)

O Grupo Continental transformou-se assim num dos principais fornecedores mundiais desta indústria, com conhecimentos profundos na área da tecnologia de sistemas de travagem, do controlo dinâmico de veículos e de sistemas eletrónicos de assistência à condução.

3.2 Continental Advanced Antenna

A *Continental Advanced Antenna (CAA)*, sediada em Vila Real, foi fundada em 1989 ainda com a designação *Motometer*, passou pelas mãos da *Bosch*, sendo mais tarde comprada pela *Kathrein Automotive* no ano de 2010. Em 2019 foi adquirida pelo grupo *Continental* com o intuito de poder ampliar a gama de produtos desenvolvidos para a indústria automóvel. Desde a sua fundação, a fábrica de Vila Real, esteve sempre ligada à produção de componentes eletrónicos.

Atualmente, é uma das principais especialistas e fabricantes mundiais de antenas para veículos premium e é uma das seis empresas do grupo *Continental* presentes em Portugal (Figura 21).

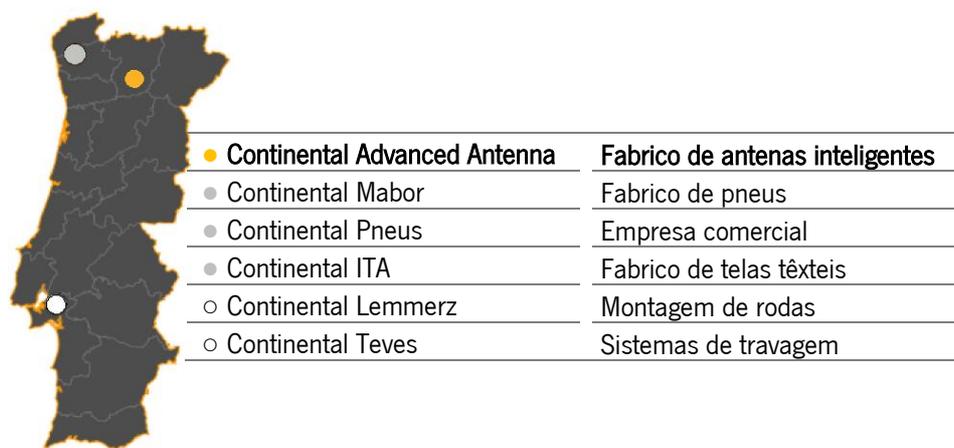


Figura 21 - Fábricas da Continental em Portugal

Produziu mais de 17 milhões de antenas no ano de 2018, exportadas para todo o mundo, e produz, essencialmente, para o segmento premium de marcas como a Audi, a BMW, a Daimler e a Volvo.

A empresa atualmente funciona com recurso a 3 turnos durante os dias semanais e ao fim-de-semana o número de turnos varia em função da procura (Continental, 2019). Contando com cerca de 500 colaboradores, é o maior empregador privado no distrito de Vila Real.

Em 2019, a CAA teve um volume de vendas de, aproximadamente, 86 milhões de euros com uma previsão de 100 milhões de euros em 2020.

3.3 Produtos

A produção da CAA consiste no fabrico de módulos de antenas inteligentes para veículos. O módulo de antena inteligente representa a interface entre o carro e o mundo exterior. É o ponto de acesso central de múltiplas antenas, permitindo receber e partilhar informações com a infraestrutura, outros carros, smartphones, redes de telecomunicações, navegação por satélite ou transmissão de rádio.

Uma grande vantagem do módulo de antena inteligente é a redução substancial da complexidade do sistema, simplificando o complexo sistema de cabos em todo o veículo e ocupando menos espaço. Não esquecendo, obviamente, que a qualidade do sinal é melhorada substancialmente.

Estes módulos podem ter diferentes configurações consoante as suas funções e as especificações do cliente, como pode ser analisado na Figura 22.



Figura 22 - Diferentes designs dos módulos das antenas (Continental, 2019)

O módulo de antena inteligente está preparado para as tecnologias que possam surgir no futuro. Com isto em vista, estas são constituídas por 5 componentes principais: antenas externas; antenas internas integradas na estrutura do carro; o conjunto de recetores, transmissores e sintonizadores; interface de bloqueio digital (componente de segurança); processador. Todos estes componentes comunicam entre si através de um componente denominado de PCBA (Figura 23).

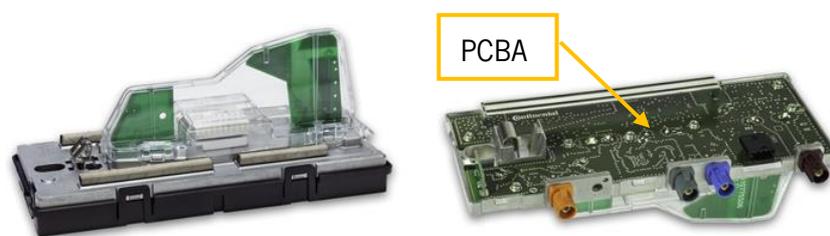


Figura 23 - Módulo de antena inteligente (Continental, 2019)

3.4 Clientes

A carteira de clientes da CAA abrange a maioria dos grandes grupos construtores de automóveis, como se pode ver na Figura 24, e a tendência é de um aumento da cota do mercado uma vez que as construtoras exigem cada vez mais qualidade na aplicação da tecnologia que integram os seus automóveis, no sentido de atender aos escrupulosos requisitos do consumidor final.

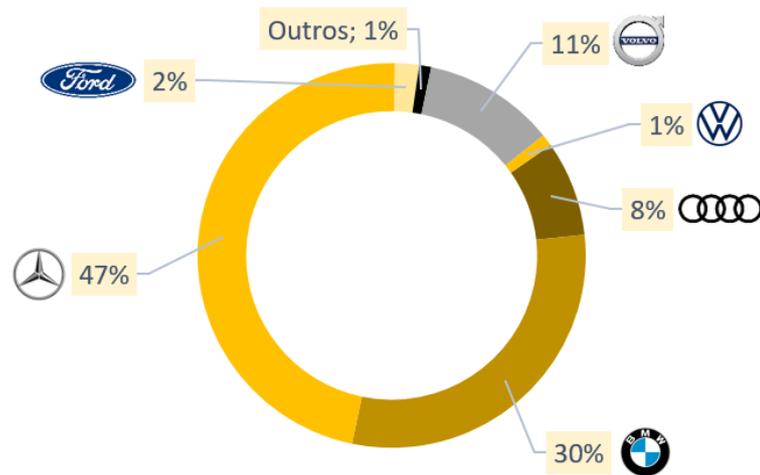


Figura 24 - Distribuição de vendas (Continental, 2019)

3.5 Descrição do chão-de-fábrica

A empresa encontra-se dividida em 5 áreas: receção de matérias-primas, *Surface Mount Technology* (SMT), parque de máquinas (PM); montagem final e expedição de produto acabado.

Uma breve descrição das duas grandes áreas produtivas pode ser feita da seguinte forma:

- A produção por inserção automática (SMT) é abastecida através do armazém onde estão armazenados diversos componentes elétricos e os *Printed Circuit Boards* (PCB's) - as placas onde são inseridos os vários componentes elétricos.
- A produção por montagem manual que é abastecida por vários supermercados próximos das linhas de produção com materiais mecânicos como PCBA's, fixadores, caixas metálicas, parafusos, entre outros.

Neste trabalho, o foco será distribuído por qualquer área que requeira ações de melhoria. Na Figura 25 encontram-se representadas estas áreas no layout da empresa.

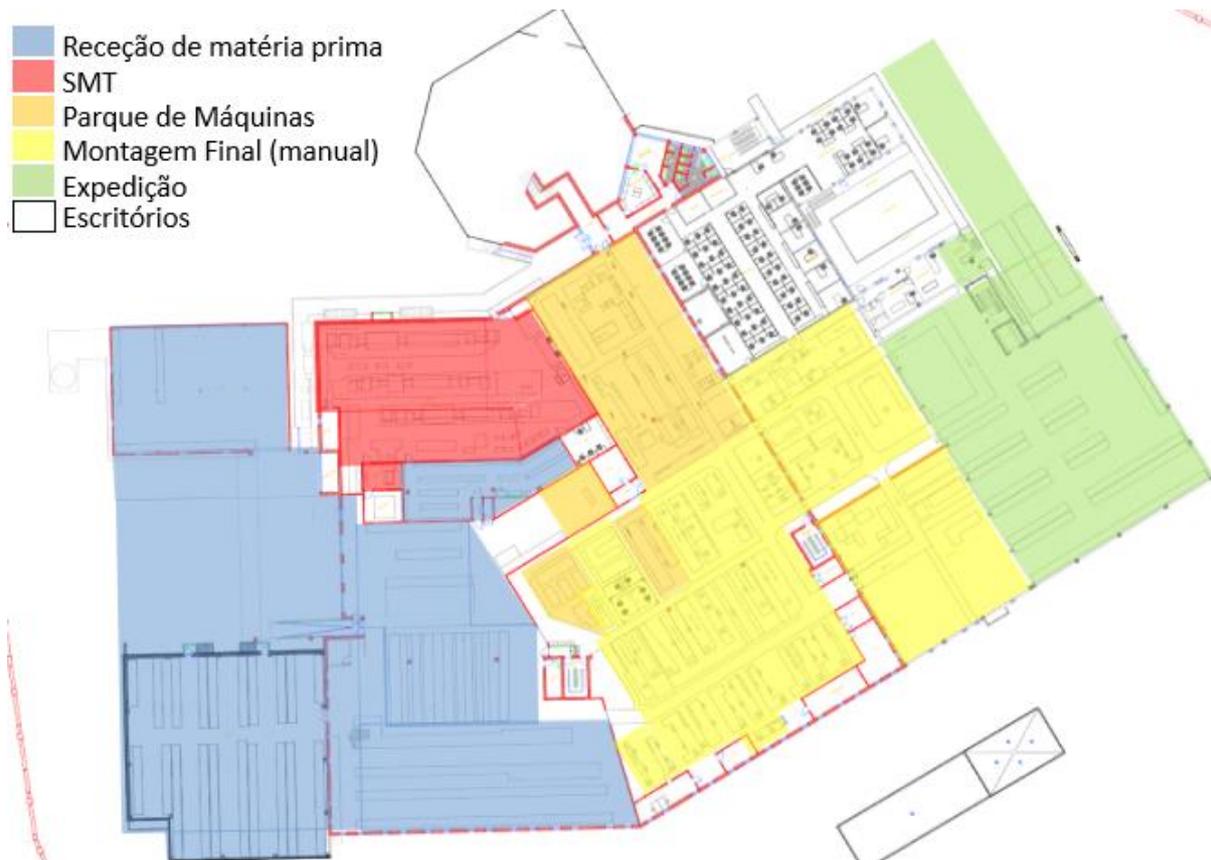


Figura 25 - Layout da empresa (Continental, 2019)

O processo produtivo da CAA, explicitado no capítulo seguinte, é composto por 8 fases: Gravação a laser, montagem automática SMT, Pré-teste, Soldadura, Lacagem, Fresagem, Montagem Final e Inspeção. A plataforma SAP é utilizada para fazer a gestão de todo o sistema produtivo, onde são efetuados todos os registos da produção.

4. DESCRIÇÃO E ANÁLISE DO ESTADO ATUAL DO PROCESSO PRODUTIVO

Neste subcapítulo será efetuada uma descrição e análise do estado atual do processo produtivo da empresa recorrendo a ferramentas estudadas durante o curso de MIEGI, nomeadamente o VSM e o WID. De seguida, estão brevemente resumidos os problemas identificados na área fabril que serão o foco desta dissertação.

4.1 Descrição do processo produtivo

Neste subcapítulo, é apresentado o processo produtivo de uma forma geral, iniciando com um fluxograma (Figura 26) exibindo todas as etapas para a produção de antenas e, posteriormente, uma breve descrição de cada passo que compõe o sistema produtivo.

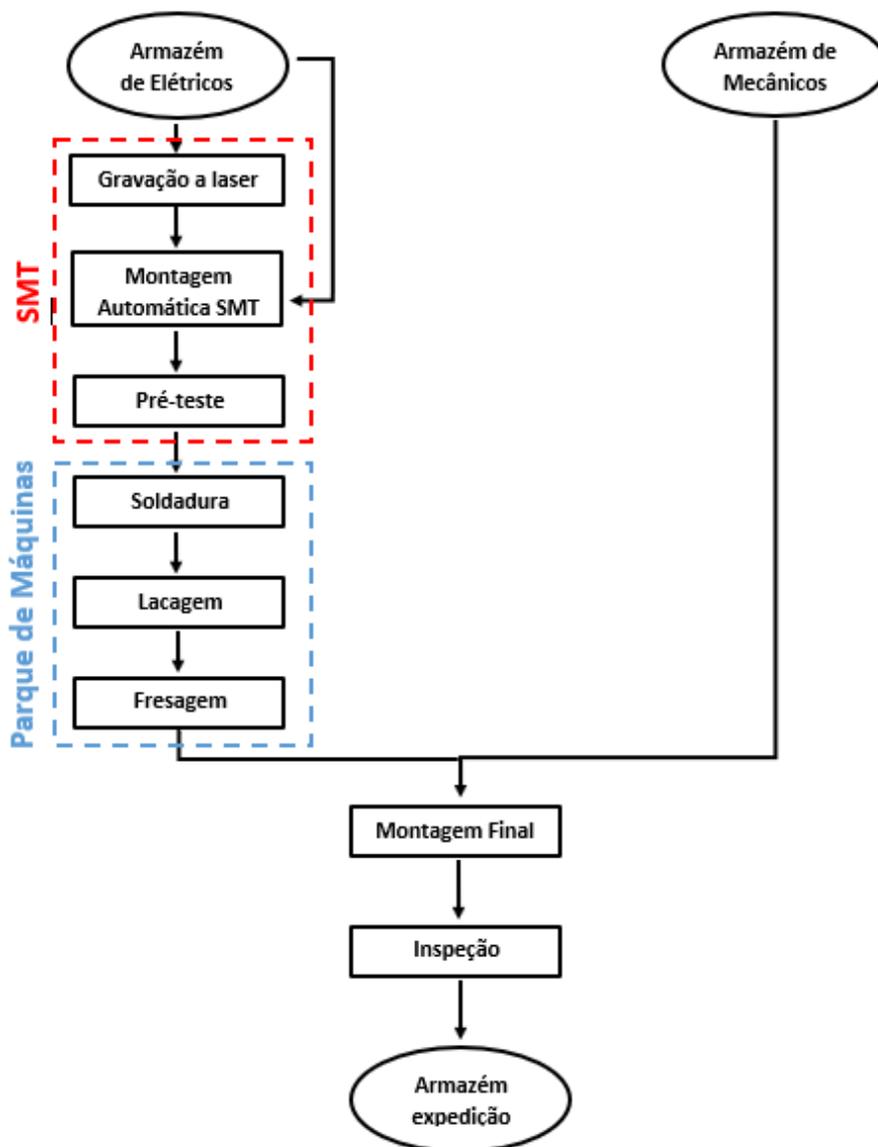


Figura 26 - Processo produtivo da Continental Advanced Antenna

4.1.1 Armazém de componentes elétricos

As matérias-primas de cariz eletrónico têm o seu próprio espaço e chegam às instalações com recurso a transporte rodoviário e permanecem no armazém de componentes elétricos (Figura 27) antes de serem alocadas ao sistema produtivo da CAA. Entre os componentes elétricos usados estão: *nutzens* (placa constituída por vários PCBs), conectores, resistências, uma grande variedade de micro-componentes eletrónicos, cabos etc. Devido à proximidade deste armazém com as linhas de SMT (onde são usados) são transportados diretamente pelos colaboradores até às linhas, não havendo necessidade da logística intervir neste processo.



Figura 27 - Armazém de componentes elétricos

4.1.2 Armazém de componentes mecânicos

À semelhança do que acontece com as matérias-primas de cariz eletrónico, os componentes mecânicos possuem o seu próprio espaço no armazém onde permanecem até darem entrada no sistema produtivo. Alguns destes componentes necessários são estruturas plásticas/fibrosas/metálicas, parafusos, borrachas, pastas de solda, molas, clips, entre outros. A responsabilidade da distribuição é da logística que, usando um comboio logístico com rotas definidas, faz com que o material chegue às linhas de produção em quantidades controladas.

4.1.3 Gravação a laser

Nesta fase é feita a gravação de um código 2D, denominado *QR code* (Figura 28), identificativo de cada *nutzen* no sentido de permitir a rastreabilidade do produto ao longo de todo o processo, possibilitando assim a identificação da tarefa onde pode ter ocorrido um determinado defeito. Este código contém a referência, o lote e a data de gravação desse código.

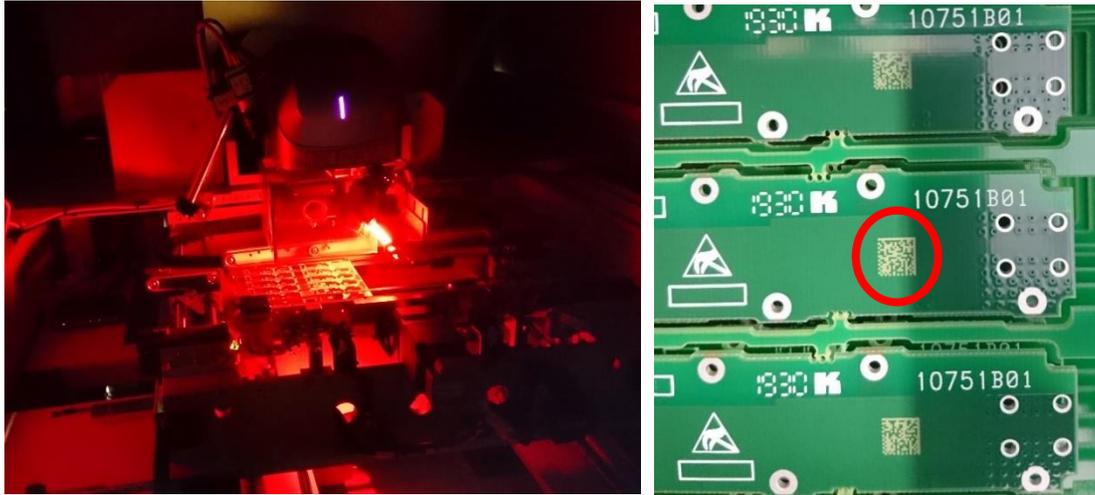


Figura 28 - Gravação código QR

4.1.4 Montagem automática SMT

Nesta secção são inseridos automaticamente componentes eletrónicos nas placas circuito impresso PCB. O processo SMT é constituído por 6 sub-processos, que irão ser descritos mais adiante: *Printer*, *SPI*, *Pick & Place* (P&P), Forno, AOI e o Pré-teste. É um processo em linha, feito por esta ordem e de modo automático, tanto ao nível da montagem dos componentes eletrónicos no PCB como no transporte entre máquinas. Atualmente, existem na fábrica 4 linhas de SMT em que trabalham 24 pessoas em três turnos diferentes.

O processo SMT requer as seguintes matérias-primas para poder iniciar a produção:

- PCBs provenientes da gravação a laser com o respetivo código marcado;
- Componentes eletrónicos vindos do armazém de elétricos.

4.1.4.1 *Printer* – Impressão de pasta de solda

Este processo tem como finalidade colocar uma pasta de solda no PCB, responsável pela união entre os componentes e a placa, apoiado numa tela metálica (*stencil*). Ainda neste processo submete-se a peça a uma limpeza com o objetivo de retirar o excesso de pasta dos dois lados do PCB (Figura 29).



Figura 29 - Impressão de pasta de solda

4.1.4.2 SPI - Inspeção da pasta de solda

Aqui, as máquinas verificam se é cumprida a quantidade definida de pasta de solda colocada no PCB no processo anterior. Se existir um volume de pasta de solda fora dos limites de especificação, o PCB será rejeitado dado que atualmente na indústria automóvel não é aconselhável fazer reparações deste nível e reutilizar PCBs não-conformes.

4.1.4.3 Pick & Place (P&P)

Esta máquina coloca os componentes sobre a pasta de solda. A máquina é composta por vários módulos que inserem diferentes componentes nos PCBs (Figura 30). Estes componentes são inseridos nas máquinas por *feeders*, próprios para as suas dimensões, e permitem que a máquina não precise de parar para que seja alimentada.



Figura 30 - Máquina Pick & Place

4.1.4.4 Forno

Após a colocação todos os componentes necessários na placa PCB, a peça é direcionada para um forno de soldadura onde, através do aquecimento da peça, os componentes ficarão soldados ao PCB (Figura 31). Por fim, a peça é arrefecida.



Figura 31 - Um dos fornos das linhas SMT

4.1.4.5 AOI – Inspeção Ótica Automática

Esta máquina verifica, automaticamente, se os componentes estão em conformidade com as especificações de soldadura, ou seja, se os componentes estão devidamente posicionados e se a soldadura é de qualidade (Figura 32). As peças mal soldadas vão diretamente para refugo.

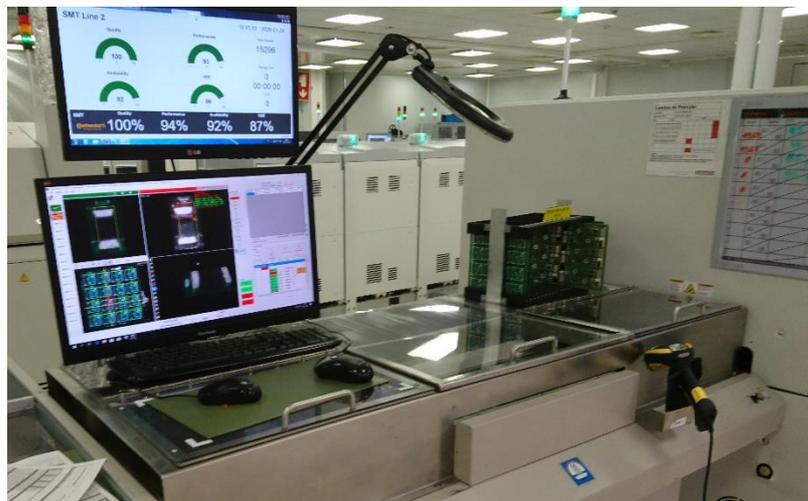


Figura 32 - Máquina AOI

4.1.4.6 Pré-Teste

Logo depois da montagem é feito, como o nome indica, um pré-teste com o objetivo de ser feita a programação dos PCB's, na máquina observada na Figura 33. Isto traduz-se numa inserção de instruções

digitais nos parâmetros de determinados componentes no sentido de os tornar aptos a realizar as funções para as quais foram concebidos dentro da antena.



Figura 33 - Máquina de Pré-teste

4.1.5 Soldadura

De seguida são inseridos alguns componentes de maiores dimensões manualmente. Para fixar os componentes na placa é necessário recorrer ao processo de soldadura (Figura 34). Uma inspeção visual/ótica é feita de forma automática no final deste processo.

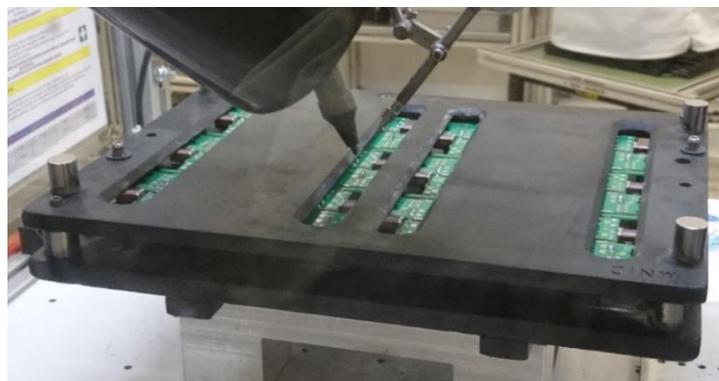


Figura 34 - Processo de soldadura

4.1.6 Lacagem

Alguns produtos necessitam de realizar um procedimento designado por lacagem. Aqui é colocado um fluido que funciona como uma capa protetora que protege os componentes contra a humidade, poeiras, variações de temperatura e/ou turbulência que a antena poderá vir a ser sujeita. Alguns destes componentes não podem entrar em contacto com este verniz, por isso, é necessário programar o processo para que seja aplicado somente nos locais definidos. Na Figura 35, pode observar-se a fluorescente o produto já aplicado.



Figura 35 - Lacagem

4.1.7 Fresagem

Depois de todos os processos anteriores estarem concluídos é necessário proceder a um desbaste, uma espécie de picotado, da fixação do PCB à *nutzen* no sentido do PCB poder ser destacado da placa onde se insere (“*easy break*”). Algumas referências de produto acabam mesmo por ser removidas e colocadas individualmente em suportes acondicionados próprios.

4.1.8 Montagem Final

Neste processo, os PCB's são individualizados e é finalizada a montagem, maioritariamente manual, das antenas com várias tarefas que serão realizadas consoante o tipo de produto a produzir. Algumas dessas tarefas realizadas nas linhas de produção desta área (Figura 36), são, por exemplo, a inserção de cabos, o aparafusamento de diferentes componentes ou a acoplação do módulo eletrónico à estrutura plástica ou fibrosa da antena.



Figura 36 - Linha de montagem final

O abastecimento dos supermercados que fornecem estas linhas é feito pelo comboio logístico a cada 45 minutos.

Em cada linha existe um quadro de linha que contém todos os indicadores usados para a medição do desempenho de cada linha para poderem ser analisados posteriormente.

Os indicadores preenchidos nas linhas de montagem durante a produção são os seguintes:

1. Cumprimento do plano de produção por turno (em percentagem);
2. Quantidade de produtos com defeito que falham no teste elétrico, presente no final da linha;
3. OEE (qualidade x disponibilidade x performance);
4. Tempo de paragens não planeadas (indicador semanal);
5. Percentagem de peças sucataadas (indicador semanal);
6. Registo de TPM;
7. Acompanhamento do estado da linha com auditorias 5S.

Todos estes indicadores têm um objetivo próprio e o seu acompanhamento diário/semanal serve para que, caso estes não estejam a ser atingidos, as chefias possam tomar medidas em conformidade o mais rápido possível. Estes indicadores permitem ainda, fazer o acompanhamento turno a turno de todos os dados relativos à produção efetuada em qualquer altura do ano.

4.1.9 Inspeção

Após a montagem final, as antenas seguem para a inspeção final (Figura 37), onde são feitas as verificações visuais e funcionais necessárias para garantir todos os requisitos de qualidade. Esta é feita de duas formas: manual e automaticamente. Se a inspeção for avaliada positivamente o lote é validado.



Figura 37 - Inspeção manual

4.1.10 Armazém de expedição (Produto acabado)

Depois da inspeção, as antenas são devidamente armazenadas neste espaço até serem expedidas para o seu respetivo cliente.

4.2 Diagnóstico do estado atual

4.2.1 VSM

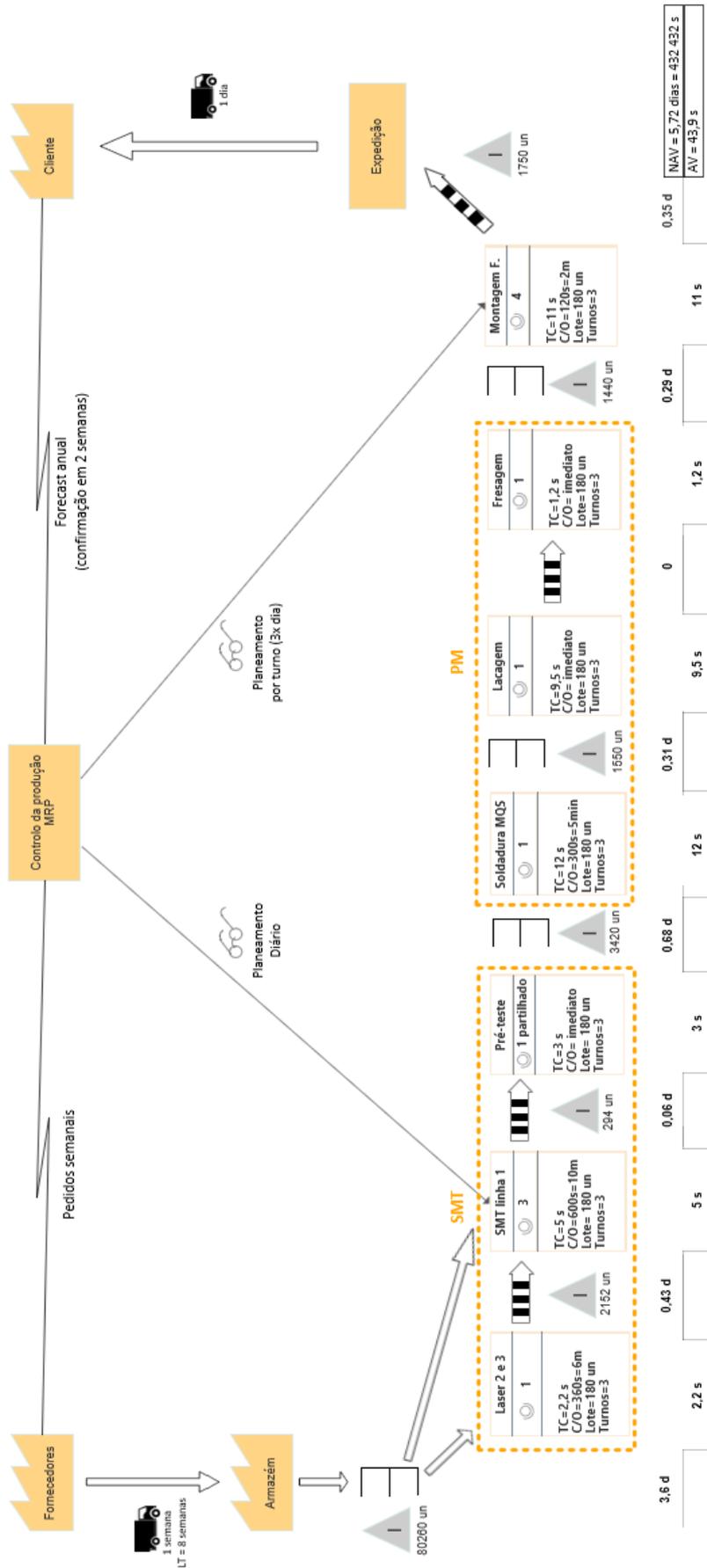
De forma a caracterizar o fluxo de materiais da CAA, realizou-se um VSM. Importa referir que nesta dissertação não será realizada a construção de um VSM do estado futuro, uma vez que, o objetivo da aplicação desta ferramenta para o presente projeto é apenas identificar os desperdícios encontrados no fluxo de materiais e de informação.

Através da realização de uma análise ABC (Anexo I – Análise ABC dos produtos fabricados), onde foram contemplados 215 produtos finais, foi possível selecionar o artigo alvo do VSM que neste caso foi o PCB de referência 13610834 (representado com uma barra vermelha no respetivo anexo). Este produto, além de ser um dos que tem real impacto nas vendas da empresa, é um produto com cujo potencial de ganho, através da implementação de ferramentas de melhoria contínua, pode ser replicado para outros artigos.

Para a realização deste VSM (Figura 38), foi necessário reunir com os responsáveis de cada processo no sentido de obter informações essenciais, nomeadamente o WIP e certos tempos ciclo e de processamento. O VSM apresentado foi realizado com a supervisão dos departamentos de Produção e Melhoria Contínua.

Antes de mais é importante reparar que o processo é constituído por 3 grandes áreas: SMT, Parque de Máquinas (PM) e a Montagem Final (MF). Relativamente aos dados obtidos, importa referir que os tempos de ciclo para cada um dos processos são tempos de ciclo médios, adquiridos através de dados reais fornecidos pela CAA. A linha temporal presente na parte inferior do VSM é formada por dois elementos que são os tempos que acrescentam valor (AV) e os que não acrescentam valor (NVA) ao produto. O tempo associado às ações que acrescentam valor ao produto é de 43,9 segundos e o tempo das operações que não acrescentam valor é de 5,72 dias (432 432 segundos). A soma dos dois resulta no lead time de produção, que neste caso é de 432 475,9 segundos, que equivale a 5,72 dias. Assim consegue-se concluir que uma grande parte do lead time de produção é relativo a atividades que não acrescentam valor e está associado ao stock excessivo em armazém (anterior à Laser) e ao WIP entre o SMT e o PM. Em suma, existem inúmeras oportunidades de melhoria nas atividades relativas à

movimentação e armazenamento de materiais entre as diferentes áreas, além das oportunidades de melhoria observadas diretamente no chão de fábrica.



Envios 5x semana de 25 000 peças (PCBA)
5 000 peças/dia (PCBA)

22 500 peças/dia (total do PCB)

Takt Time = (21h x 3 600s)/5 000 peças/dia = 15,12 s/peça

Fórmula de cálculo do 1º tempo = 80 260/22 500 = 3,6 dias

Figura 38 - VSM do produto 13610834

4.2.2 WID

Apesar da análise anterior, o autor sentiu a necessidade de recorrer a outra ferramenta complementar. Apenas a título informativo e com intuito de apresentar a informação de uma forma mais visual e atrativa aos responsáveis da empresa, foi desenvolvido também um gráfico WID, uma ferramenta desconhecida, por estes, até então. Este esquema pode ser visualizado na Figura 39.

Para a elaboração deste diagrama foi indispensável obter quatro dados essenciais do processo produtivo: takt time (TT), tempo de ciclo (TC), tempo de *setup* ou *changeover* (C/O) e níveis de stock intermédio (WIP). O TT representa a altura dos blocos e resulta do quociente entre o tempo disponível e a procura diária, ou seja:

$$TT = \frac{\text{Tempo disponível em 3 meses}}{\text{Procura em 3 meses}} = \frac{2205\text{h} \times 60\text{min} \times 60\text{s}}{300\,608 \text{ uni}} = 26.4 \text{ s}$$

O TC obteve-se através de dados recolhidos anteriormente pela empresa, para cada operação.

Através da análise do WID (Figura 39) referente ao processo produtivo do artigo 13610834, consegue-se perceber que o processo que tem maior WIP é a gravação a laser (observável pela largura do bloco) devido à quantidade de stock presente em armazém; o processo com maior *setup* é o SMT uma vez que o seu bloco tem maior profundidade. No que diz respeito aos transportes, aí o caso mais grave situa-se entre o processo da fresagem e da montagem final. Estas conclusões irão facilitar a empresa a identificar e desenvolver oportunidades de melhoria futuros depois da realização desta dissertação.

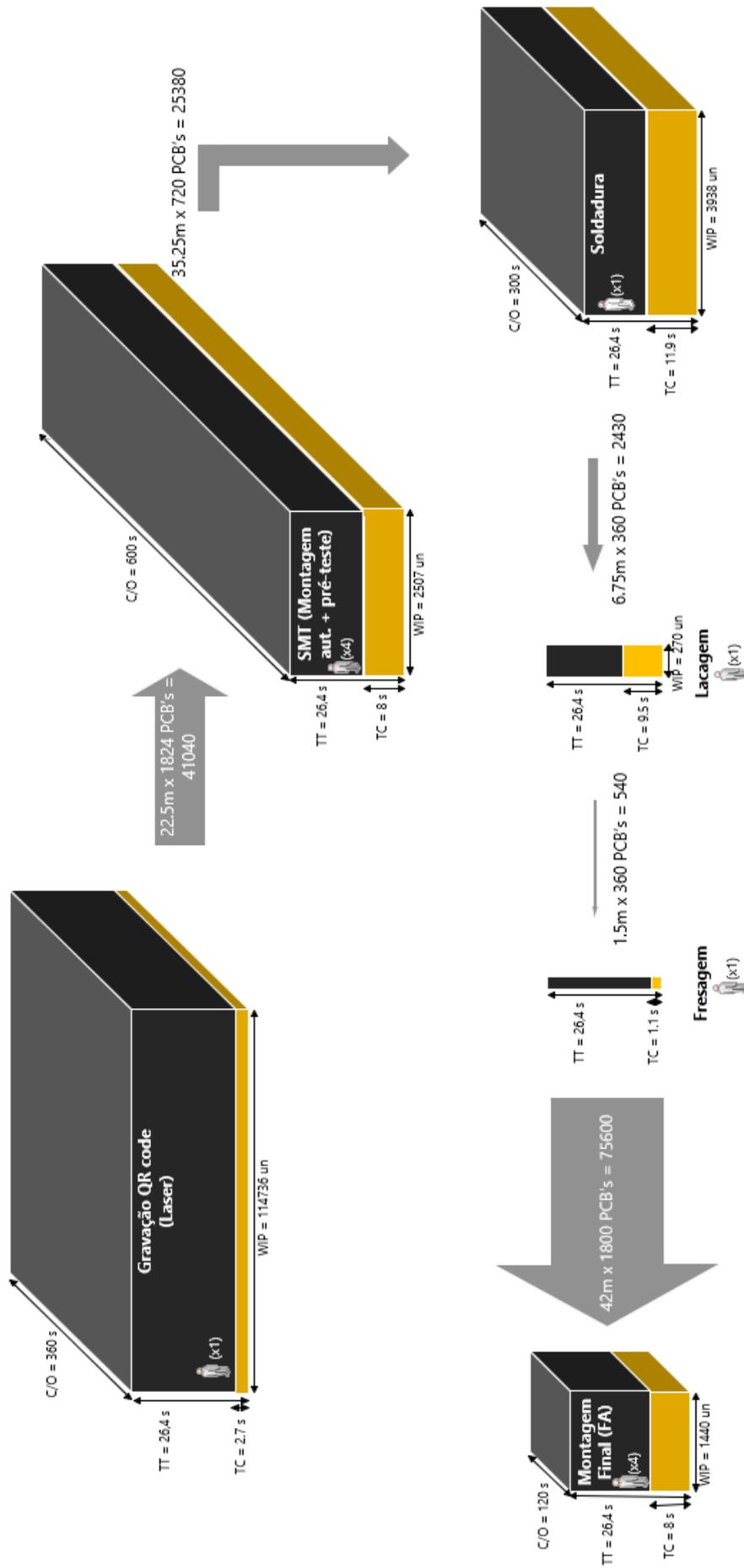


Figura 39 - WIP do processo produtivo

Foram, ainda, realizadas cerca de 40 observações diretas aos colaboradores e anotadas as tarefas executadas naquele instante, cujas percentagens estão apresentadas na Figura 40. Isto em momentos aleatórios repartidos por vários dias, no sentido de reunir dados suficientes para esta análise.

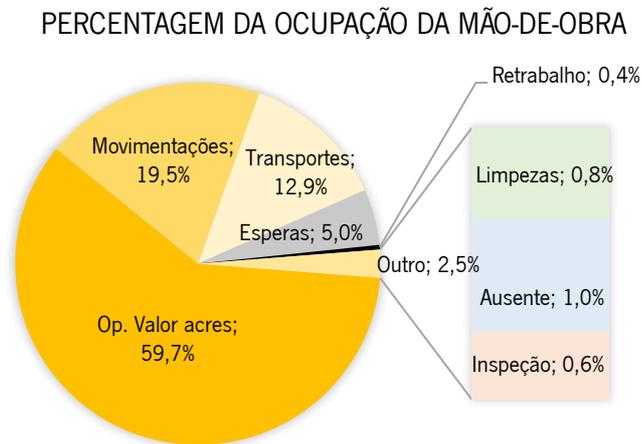


Figura 40 - Percentagem de ocupação da MDO

A CAA emprega cerca de 500 pessoas, no entanto os cálculos basearam-se na observação de 12 pessoas que intervêm diretamente na produção e montagem deste artigo.

Despendendo 13,8€/hora que equivale a cerca de 2428,80€ mensais por colaborador (valor que inclui todas as despesas com impostos, subsídios, etc) a empresa apresenta uma despesa mensal com os 12 operários de $2428,80 \times 12 = 29\ 146$ €/mês.

Assim sendo, podemos relacionar este valor com a eficiência da utilização de mão-de-obra para cada tarefa de forma a ser mais perceptível o valor despendido em desperdícios (Tabela 3).

Tabela 3 - Relação de percentagem e custos com a MDO

	Acrescenta valor	Movimentações	Transportes	Esperas	Sobre-processamento	Retrabalho	Limpezas	Ausente	Inspeção	TOTAL
Utilização MDO (%)	60%	20%	13%	5%	0%	0%	1%	1%	1%	100%
Despesa (€)	17390	5697	3757	1454	0	121	242	303	182	29146 €

Constata-se que, neste caso, cerca de 60% das tarefas realizadas, acrescentam valor ao produto.

De um modo geral, destacam-se as movimentações e os transportes, como sendo os desperdícios associados à mão-de-obra mais dispendiosos para a empresa.

Um dos aspetos que é um ótimo indicador de onde será possível proceder a uma melhoria é a análise dos tempos de ciclo dos diferentes postos de trabalho (PT) ao longo do processo produtivo. A Figura 41 permite perceber que a soldadura, PT2, é o estrangulamento deste sistema uma vez que é a que tem um tempo de ciclo maior (11.9 s). E aqui surge um dado interessante: sendo este o PT com o maior tempo de ciclo, existe a necessidade de o reduzir; se isso não for possível, aproveitar a diferença de tempo apresentada nos outros postos de trabalho; ou até fazer ambos. Isto resultará num balanceamento do processo produtivo e num aproveitamento dos equipamentos e da MDO.

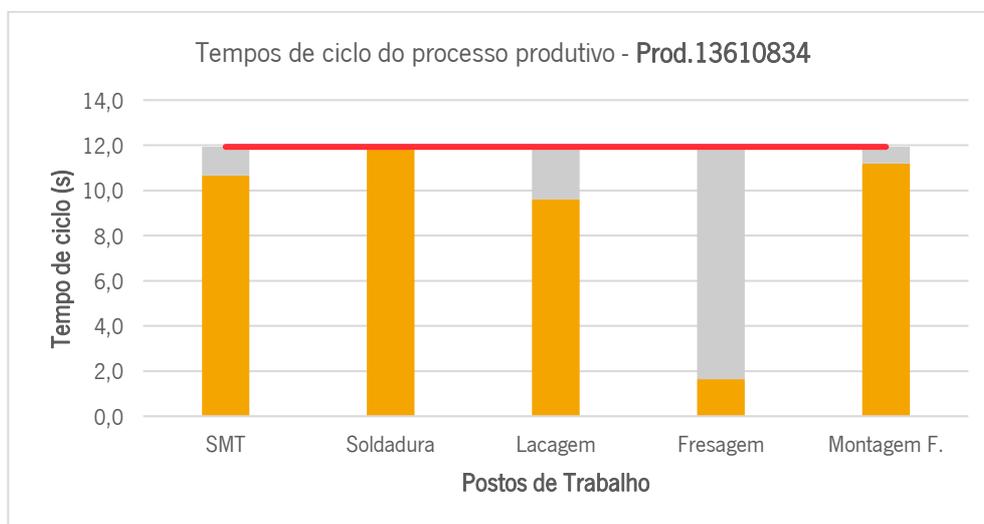


Figura 41 - Tempos de ciclo dos respetivos PT

Consegue-se verificar que no PT4, na fresagem, verifica-se um potencial de ganho muito elevado, cerca de 10 segundos (admitindo que não se consegue baixar o TC máx. de 11.9 segundos). A empresa tendo-se apercebido deste facto, tem a trabalhar constantemente 3 fresas onde qualquer tipo de PCB é fresado. Este é apenas um dos exemplos de como este gráfico nos pode fornecer informações acerca deste aspeto do processo produtivo.

4.3 Identificação dos problemas encontrados

Após uma análise ao chão de fábrica e ao processo produtivo da empresa, foram identificados vários problemas que fundamentam as propostas de melhoria a serem aplicadas (umas sugeridas pela empresa e outras pelo autor).

Pode-se afirmar que apesar de, no geral, o chão de fábrica em estudo se encontrar limpo e organizado, ou não fosse esta uma empresa da indústria automóvel sujeita a um sem número de requisitos de

qualidade, existem situações que requerem alterações/melhorias, nomeadamente no que diz respeito à dinâmica de planeamento de envio de encomendas e da gestão de equipas, a tempos de *changeover*, ao desenvolvimento/atualização de supermercados essenciais para um fluxo contínuo do sistema, etc.

De seguida são enumeradas todas as oportunidades de melhoria encontradas:

4.3.1 Quadro de gestão de envios de encomendas

Nesta proposta de melhoria, o atual quadro de gestão de envio de encomendas não apresentava as informações necessárias para os colaboradores se poderem organizar na preparação das cargas. O método usado previamente consistia num quadro (Figura 42) composto pelos dias da semana e horas do dia. Continha a informação relativa ao nº de encomendas, quantidade total e a hora de envio de cada uma. Apesar de ser um apoio à equipa do armazém, este quadro não permitia um acompanhamento diário/semanal do plano de envios por parte da gestão. Isto é, a gestão não tinha forma de saber ao meio do dia, se a preparação de uma carga que deveria sair ao final do dia estava atrasada ou adiantada. Além disso, se uma preparação de carga estivesse atrasada, não havia meio de saber a causa desse atraso, que poderia ir desde falta de material, falta de MDO, atrasos por parte da produção, defeitos no produto apenas identificados na expedição e conseqüente envio desses lotes para retrabalho, etc.

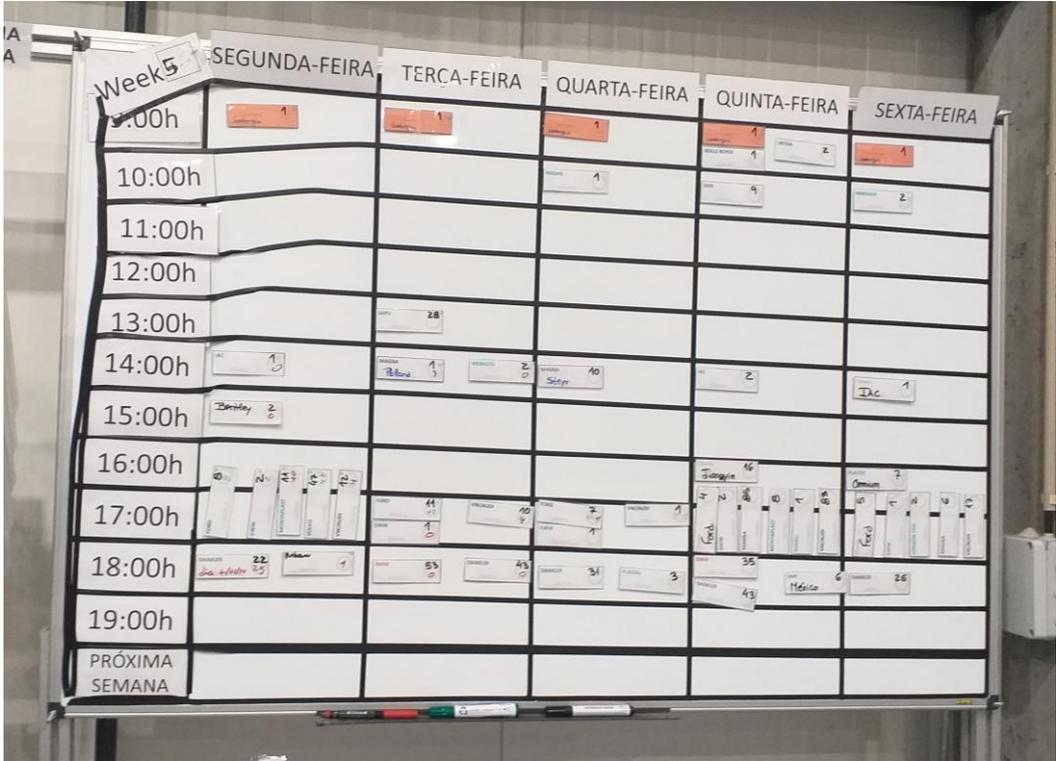


Figura 42 - Quadro de gestão de envios de encomendas original

4.3.2 Quadro de gestão de equipas

Numa empresa com cerca de 400 funcionários diretos (colaboradores) é essencial existir um sistema visual, simples e intuitivo da gestão dos mesmos, por parte dos supervisores de linha. Dada a inexistência de um quadro de distribuição de equipas/operadores que reunisse diversas informações úteis, como a alocação de cada colaborador por cada uma das linhas de produção, o layout da fábrica, o nº de ausências no próprio dia e um espaço dedicado a comunicações diversas, foi aqui identificada uma oportunidade de melhoria, com grande impacto no dia-a-dia da organização do chão de fábrica.

4.3.3 Organização de moldes na fresagem

Depois de várias observações feitas na área da fresagem, no PM, foi notória a perda de tempo a encontrar ferramentas necessárias à produção durante a fase de *setup* (*desperdício identificado: esperas*), justificando assim, a aplicação de uma estratégia SMED. Nesta área são utilizados moldes que se encontravam colocados numa estante que tinha um sistema de identificações pouco eficiente e fazia com que os operadores desperdiçassem tempo e até desesperassem à procura de certos moldes.

Nesta área, como já foi referido no capítulo 4.1.7, os PCBs sofrem um desbaste das suas extremidades no sentido de facilitar que este possa ser destacado da *nutzen* onde se insere. Nesta área são utilizados moldes, designados de “*Jigs*” (Figura 43) que servem como fixação das *nutzens* à estrutura das fresadoras. Depois de fixadas estas *nutzens*, a máquina fresa diretamente nas áreas “abertas” dos *Jigs*.

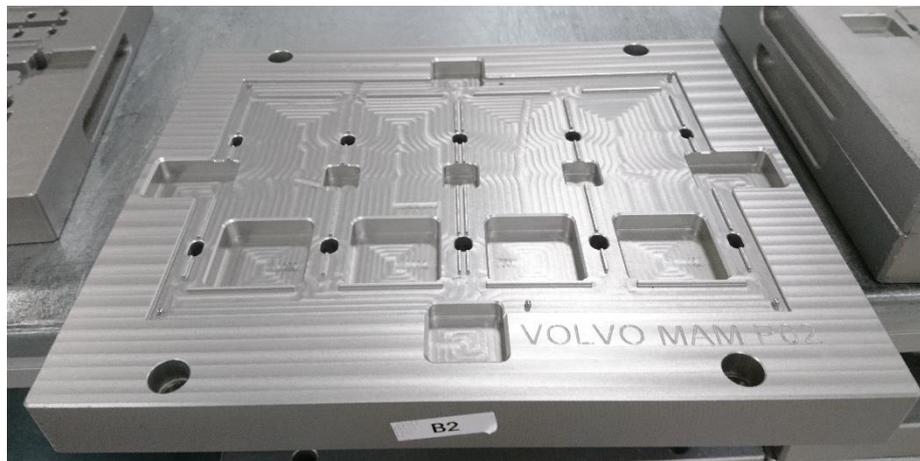


Figura 43 - Exemplo de um Jig

A situação inicial consistia numa estante com algumas, não todas, as posições identificadas apenas pelo nome do cliente ou da família de produtos. A identificação não era tão perceptível quanto deveria e isso fazia com que os operários tivessem muitas das vezes de pegar nos moldes apenas para ver se era aquele que necessitavam. Além disto, os moldes não tinham identificação lateral que não permitia confirmar se se encontravam na localização definida (Figura 44). Também devido a este facto aliado à

falta de atenção ou ao cansaço, quando iam colocar o molde na estante, podiam não o colocar no sítio de onde o tinham retirado. Obviamente que esta situação fazia com que o tempo despendido à procura de um molde aumentasse de dia para dia.



Figura 44 - Falta de identificação lateral em cada um dos jigs

Dado o facto de cada molde pesar cerca de 7 quilos e de existirem moldes de classe A (mais usados) distribuídos pela estante em posições ergonomicamente desajustadas, o esforço dos operários aumentava nessas ocasiões e isso foi tido em conta na reformulação da estrutura.

4.3.4 Organização de *stencils* no SMT

Outro dos problemas levantados foi a identificação das ferramentas de aplicação de pasta de solda, os *stencils*. Estes, possuíam identificações degradadas e muitas vezes estavam em falta dificultando a seleção do stencil a utilizar em determinada ordem de produção. Além disto, existiam cerca de 600 *stencils* em stock, dos quais alguns já não eram usados há algum tempo, estando-se a tornar obsoletos e a ocupar espaço quando poderiam ser reciclados, reavendo a empresa assim, algum do dinheiro investido nessas ferramentas (cerca de 20€/30€ por unidade).

Destes 600, existe uma seleção de cerca de 200 dos que são os mais utilizados e estavam armazenados na área do SMT junto às linhas de produção. Na Figura 45 podemos notar a que esta estrutura encontrava-se no limite de capacidade o que impede que, quando a fábrica receber novos projetos, haja espaço para armazenar novos stencils.



Figura 45 - Armazenamento inicial dos stencils

Além disso, as identificações encontravam-se bastante degradadas como pode ser visível na Figura 46.



Figura 46 - identificações degradadas

Tudo isto somado, criava um desperdício (esperas) aquando da troca de referência e fazia com que o tempo de localização do stencil necessário à produção fosse mais alto do que o necessário (na ordem dos 36 segundos), permitindo assim, espaço para uma melhoria.

4.3.5 Dimensionamento de supermercados

A empresa possui supermercados em funcionamento, embora desatualizados e que em certos casos já não dão resposta às necessidades do processo posterior à fresagem, a montagem final. Os principais problemas identificados nesta área foram: as grandes distâncias de transporte e movimento (por parte dos operadores das fresas e *milkrun*) e a quantidade considerável de paragens devido a falta de espaço nos supermercados, falta de pcs, dificuldade no retorno de caixas vazias para fresas, etc. Devido às

elevadas quantidades e variedades de referências produzidas, este supermercado é constituído por várias estruturas distribuídas por toda a área da MF destacadas na Figura 47.



Figura 47 - Localização das estruturas dos supermercados

Os desperdícios Lean identificados neste projeto foram as esperas, transportes e movimentações.

4.3.6 Implementação de TPM

Foi notada uma oportunidade de melhoria, no sentido de aumentar a percentagem de disponibilidade dos equipamentos nas linhas da montagem final, que se situavam nos 95% e dessa forma conseguir aumentar o número de antenas produzidas por dia. Este objetivo pode ser alcançado com recurso ao TPM.

4.3.7 Implementação de sistema *kanban*

Na área da lavagem de caixas, onde são lavadas as caixas retornadas pelos clientes, não existe qualquer indicador de performance, ou seja, acaba por ser uma área cega para a gestão (principal desperdício identificado: esperas). O facto de apenas se lavarem caixas quando são necessárias à produção, não seguindo qualquer tipo de planeamento preditivo, faz com que existam as seguintes ineficiências

identificadas: falhas de abastecimento às linhas com caixas lavadas, fluxo de informação ineficiente, baixa autonomia da equipa de lavagem de caixas e espaço útil do armazém desperdiçado. O indicador recolhido para ser feita análise nesta área foi a percentagem de falhas de abastecimento de caixas lavadas à produção (por mês) foi de 34% (86 falhas em 254 produções que necessitavam de caixas lavadas).

4.4 Resumo dos problemas

A Tabela 4 resume não só os problemas identificados nas diferentes áreas/postos de trabalho (PT) mas também as consequências dos mesmos.

Tabela 4 - Resumo dos problemas identificados

Nº	Área	Descrição	Consequência
1	Expedição	Quadro de gestão de envio de encomendas desajustado	Gestão ineficiente
2	MF	Falta de quadro de gestão de equipas	Gestão ineficiente das equipas
3	PM	Elevado Tempo de <i>changeover</i>	Perda de tempo a encontrar ferramentas
4	SMT	Elevado Tempo de <i>changeover</i>	Perda de tempo a encontrar ferramentas
5	PM+MF	Dimensionamento de supermercados ineficiente	Material empilhado ou em paletes pelo chão de fábrica
6	MF	Falta de TPM nas linhas	Aumento de avarias
7	Lav. Caixas	Falta de organização de trabalho	Ineficiente uso da mão-de-obra

Como se repara, existe uma série de conclusões que podem ser retiradas através da análise da aplicação destas ferramentas. Tendo em conta este conjunto de análises e visto que existem oportunidades de melhoria um pouco por toda a fábrica, ficou definido que o foco desta dissertação iria abranger todo o espaço fabril e não apenas certas áreas específicas. Como esta dissertação se encontra sob tutela dos departamentos de Produção e Melhoria Contínua da CAA, as metodologias a aplicar centrar-se-ão no âmbito da Gestão Visual, 5s, Supermercados, TPM, Kanbans, entre outros.

5. DESENVOLVIMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE PROPOSTAS DE MELHORIA

No presente capítulo serão apresentadas as melhorias propostas e implementadas com o objetivo de solucionar os problemas identificados no capítulo anterior que visam otimizar a organização do processo produtivo. Assim sendo, desenvolveu-se um plano de ações de melhoria baseado na metodologia 5W1H, que pode ser analisado na Tabela 5.

Tabela 5 - Técnica de 5W1H para implementação de ações de melhoria

What	Why	How (ferramentas usadas)	Where	Who	When
Atualização do quadro de gestão de envios de encomendas	Gestão ineficiente	Gestão visual	Expedição	Autor + Melhoria Contínua (MC)	Fev'20
Desenvolvimento de um quadro de gestão de equipas	Gestão ineficiente das equipas	Gestão visual	MF	Autor	Ago'20
Organização de moldes na Fresagem	Perda de tempo a encontrar ferramentas	5S	PM	Autor	Jan'20
Organização de stencils	Perda de tempo a encontrar ferramentas	5S	SMT	Autor	Jan'20 a Mar'20
Redimensionamento de supermercados	Material empilhado ou em paletes pelo chão de fábrica; grandes distâncias de transporte e movimento, etc.	Supermercados	PM e MF	Autor	Jan'20 a Mai'20
Implementação de TPM	Nº elevado de avarias	TPM	Montagem Final	Autor + MC	Fev'20 a Nov'20
Implementação de sistema <i>kanban</i>	Ineficiente uso da mão-de-obra	<i>Kanban</i>	Armazém de lavagem de caixas	Autor	Jul'20

5.1 Quadro de gestão de envios de encomendas

No armazém da expedição sentiu-se a necessidade de realizar o seguimento das tarefas relacionadas com encomendas agendadas para a entrega diária, conseguindo também obter uma perspetiva do trabalho semanal planeado. Foi proposta pela empresa a renovação do quadro de gestão de envios de encomendas na zona da expedição, integrada no departamento da Logística.

No sentido de resolver as questões apontadas no capítulo 4.3.1, foi criado um novo quadro de gestão de envios (gestão visual). O intuito desta alteração era a obtenção de informação, no momento, acerca do

estado de envio das encomendas, nomeadamente se a determinada hora, o planeamento do dia estava a ser cumprido ou não e quais as causas desse incumprimento.

O novo quadro desenvolvido (Figura 48) tem em vista o planeamento semanal da preparação de encomendas e, ao contrário do anterior, o acompanhamento do seu status a qualquer dia e a qualquer hora. O planeamento, preenchimento e gestão semanal ficará a cargo do departamento de logística.

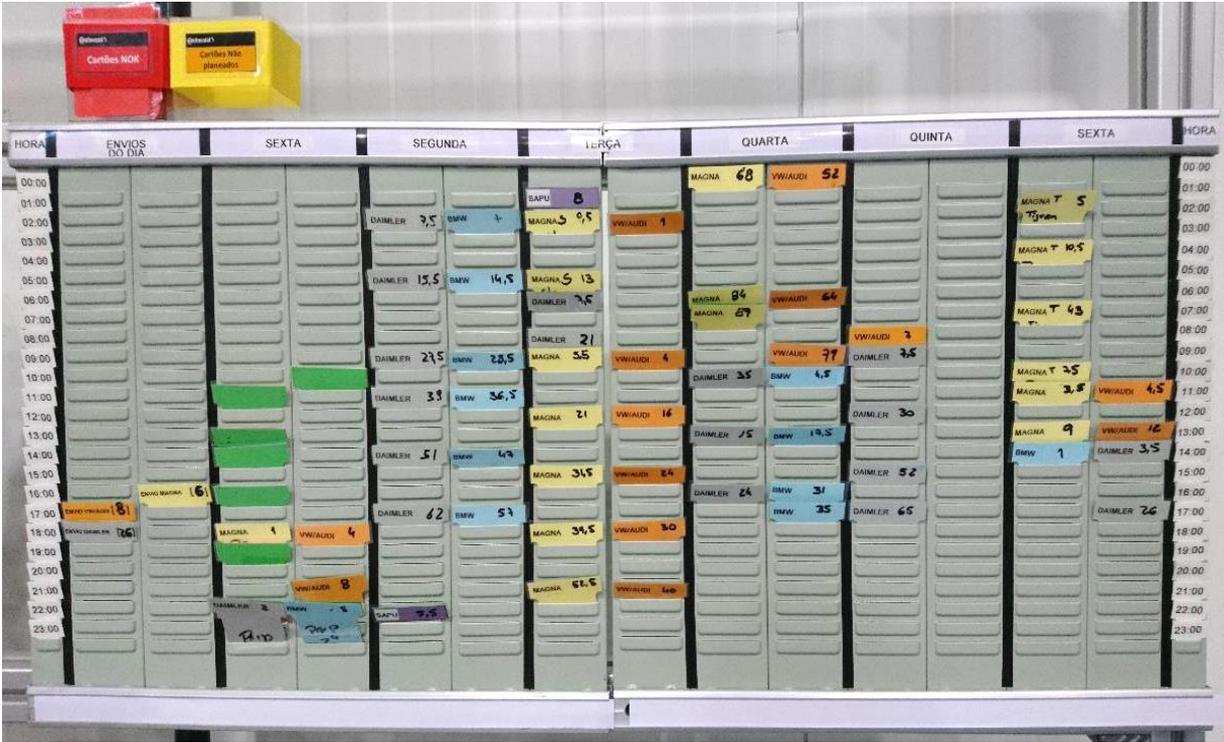


Figura 48 - Novo quadro de gestão de envios

É organizado segundo as horas na vertical e os dias da semana na horizontal, preenchido entre estes com a informação das encomendas a preparar (cliente, hora, quantidade à hora definida e quantidade total do envio). Contém ainda duas caixas para Cartões NOK (vermelha) e Cartões Não Planeados (amarela), descritos mais à frente. A Figura 49 é apresentada com o intuito de facilitar a leitura da solução desenvolvida.

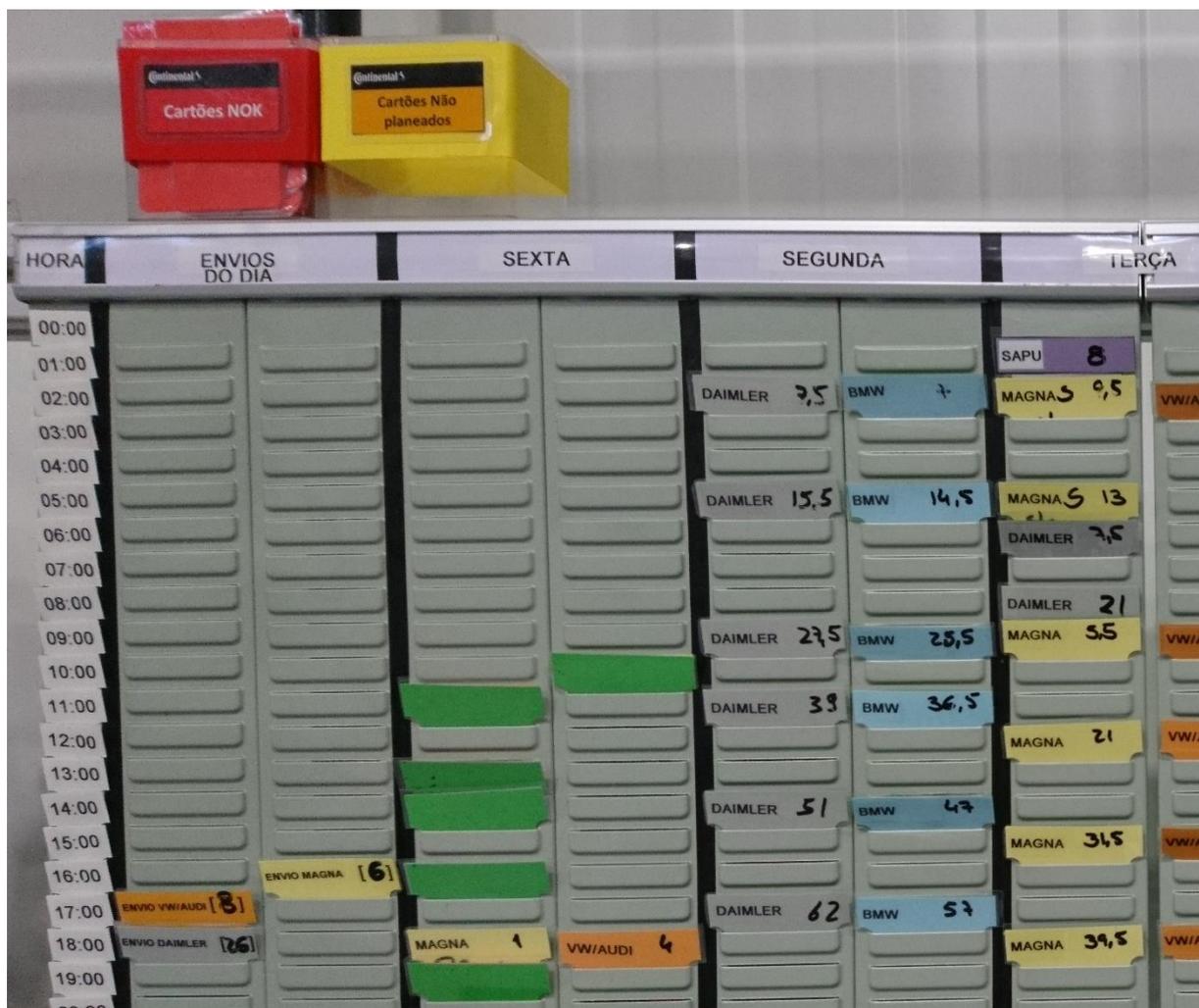


Figura 49 - Detalhes do quadro de gestão de envios desenvolvido

Está estruturado em 3 áreas distintas: A primeira e últimas colunas contêm as 24h de um dia (Figura 50 - a verde); A segunda coluna é referente aos envios do presente dia (Figura 50 - a azul); As restantes referem-se ao planeamento de encomendas da semana (Figura 50 - a amarelo). Importa referir que, no quadro, a semana começa na sexta-feira uma vez que o planeamento de envio de encomendas é planeado à quinta-feira.



Figura 50 - Diferentes áreas do quadro

Relativamente à segunda coluna, esta é referente aos envios do presente dia e apenas contém cartões colocados na linha da hora do envio com a informação do cliente e nº de paletes a enviar. Por exemplo, na imagem à esquerda da Figura 51, pode-se ver que existem duas encomendas para as 18h de hoje, uma de 30 paletes para Daimler e 25 para BMW. No caso dos envios especiais (cartões a preto), o número presente corresponde ao nº de ordens de carga desse dia. Como esquematizado na imagem inferior direita, o envio especial da DHL contém 3 ordens de carga, a sair nesse dia.

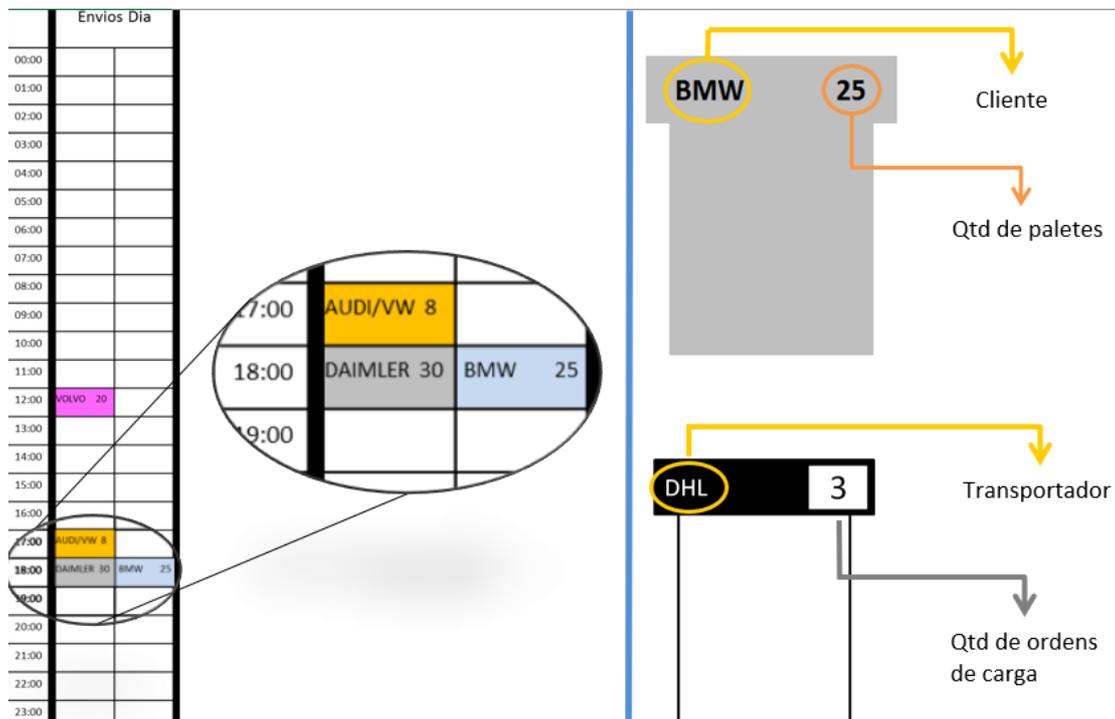


Figura 51 - Exemplificação da coluna dos "Envios do dia"

Nas restantes colunas encontra-se o planeamento da preparação de encomendas. Nesta área, cada cartão contém o cliente (com uma respetiva cor) e o nº de paletes a preparar durante o intervalo de tempo definido, que neste caso são cerca de 1 hora.

Sempre que for concluído o trabalho planeado para determinada hora, basta virar o cartão, ficando à mostra o seu verso de cor verde. Significa, portanto, que o trabalho foi executado, que aquela quantidade da carga foi preparada com sucesso. Em alternativa, quando um envio não for cumprido, seja por que motivo for, este deve ser retirado do quadro e colocado na caixa NOK (esta caixa encontra-se por cima do quadro – ver Figura 48). No seu lugar, deverá ser colocado um cartão vermelho, onde deverá constar o motivo de falha do envio. Este esquema pode ser visualizado na Figura 52.

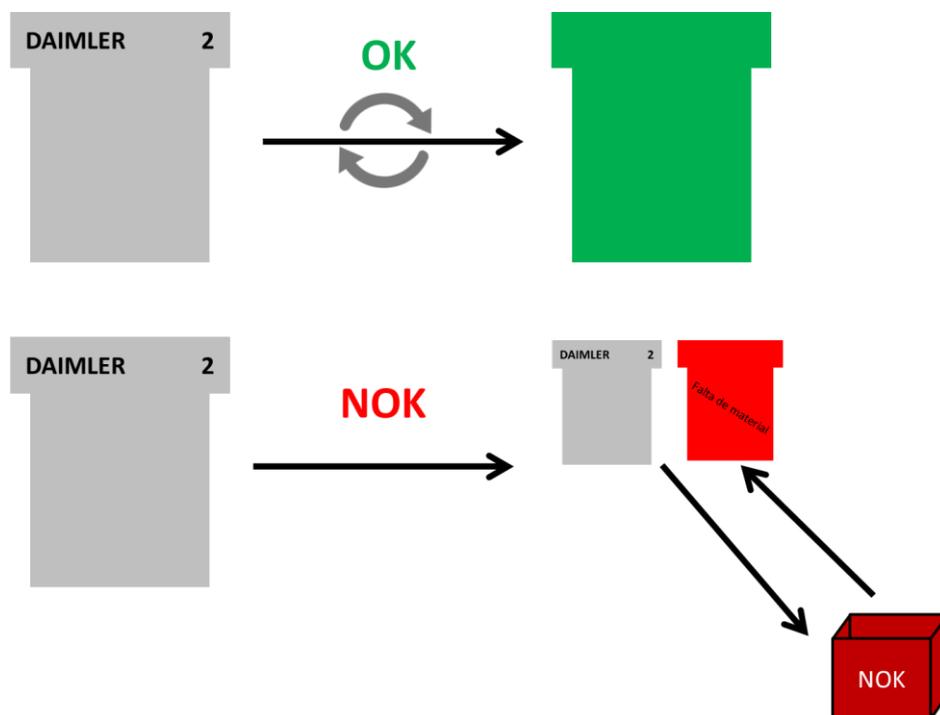


Figura 52 - Funcionamento dos cartões

Na quinta-feira, na atualização do quadro para a próxima semana, são recolhidos todos os cartões NOK e anotadas as causas das falhas dessa semana e são reportadas à gestão, para que possam ser tomadas ações em conformidade.

Na caixa de amarela de Cartões Não Planeados, estão cartões em branco para serem preenchidos, com a descrição do cliente, da quantidade e se é um envio especial ou não, sendo de seguida colocados no quadro, no dia e hora correspondente ao envio.

5.2 Quadro de gestão de equipas

Este projeto teve o intuito de facilitar a passagem de informação dos supervisores aos operários, sobre qual a linha a que estavam alocados nesse dia ou semana. Desta forma, a solução encontrada foi o desenvolvimento de um quadro de gestão de equipas (Figura 53), uma solução de gestão visual.

Este quadro está definido da seguinte forma: as colunas representam as diferentes linhas de produção e nas linhas do quadro estão os 3 turnos de trabalho. Cada funcionário tem a sua identificação com a sua foto, nome e turno a que pertencem. Estas identificações são colocadas no quadro pelo supervisor, na linha de produção correspondente, no final de cada turno e são referentes ao dia seguinte. No dia seguinte de manhã, os funcionários dirigem-se ao quadro, localizado na área central da produção e percebem qual a linha em que foram alocados.

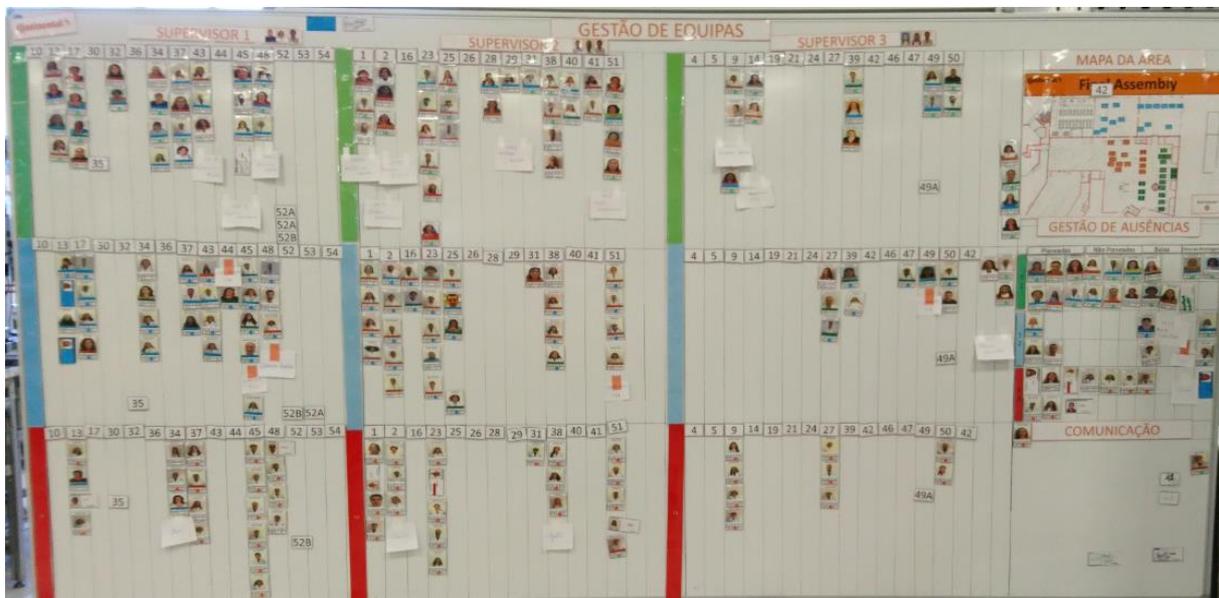


Figura 53 - Quadro de gestão de equipas criado

No quadro, do lado direito, foi reservado um espaço para várias informações: planta da fábrica com a localização exata de cada linha de trabalho, um espaço para a gestão de ausências (Planeadas, Não-planeadas e Baixas) e um espaço para comunicações diversas. Na Figura 54 está um excerto ampliado do quadro para facilitar a sua leitura.

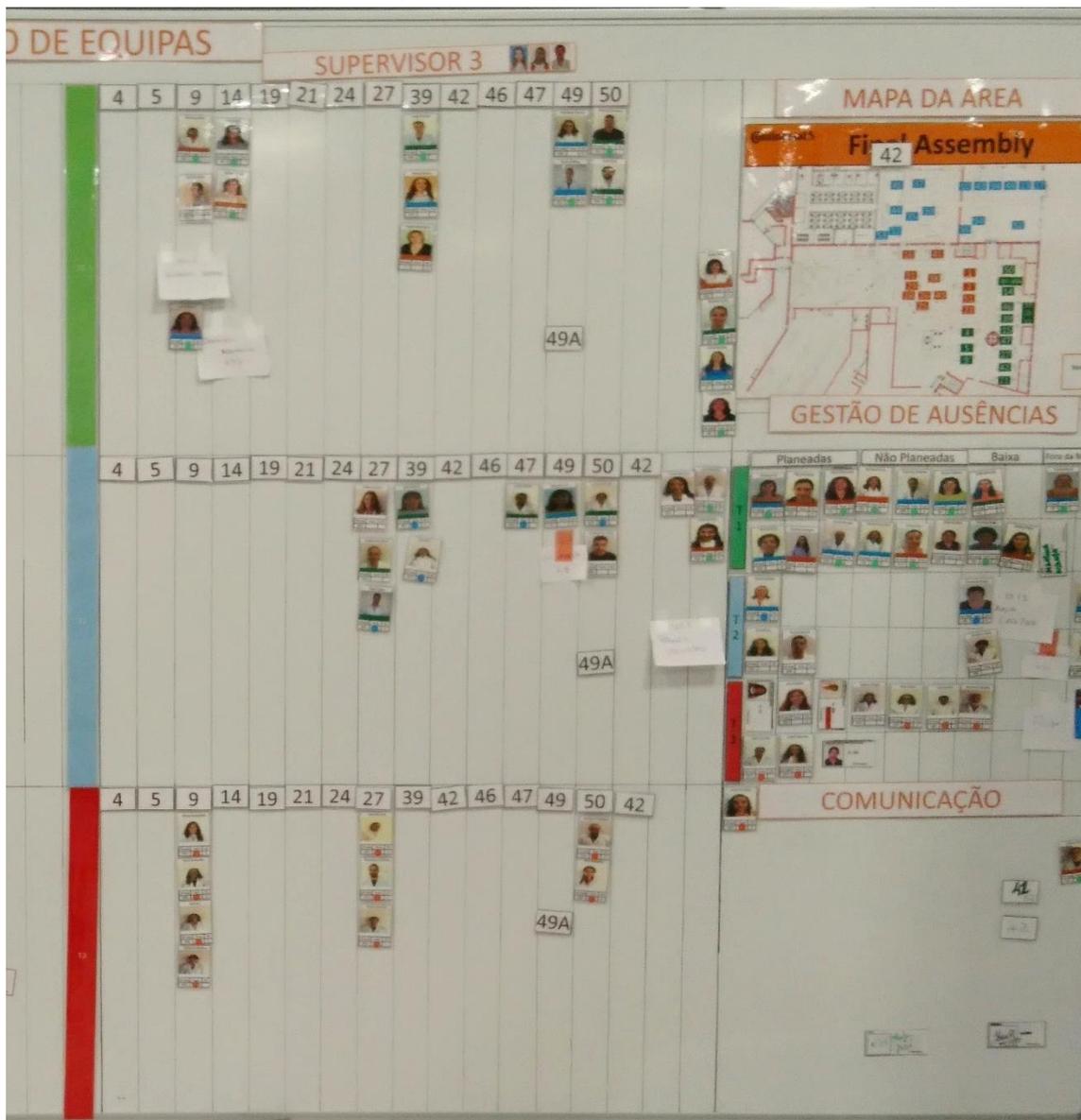


Figura 54 - Excerto ampliado do quadro de gestão de equipas

5.3 Organização de moldes na Fresagem

Neste projeto recorreu-se à metodologia SMED para diminuição dos tempos de *setup* e 5S na organização da estrutura existente.

Na área da fresagem, no PM, existem cerca de 40 *Jigs* para a produção de aproximadamente 370 variantes de produtos finais e, naturalmente, para não ocorrerem desperdícios de tempo à procura destas ferramentas, nem erros decorrentes da sua troca de posição na estante aquando da produção, eles necessitam de estar devidamente organizados.

A solução encontrada para pôr fim à situação descrita no capítulo 4.3.3 foram tomadas 5 ações:

- identificar as posições nas estantes com um código de uma letra e um número, obedecendo a uma determinada ordem (linhas da estrutura com letras e colunas com números);
- organizar os *jigs* por classes A, B e C (Figura 55), tendo em conta as referências mais fresadas numa base trimestral, e alocá-los na estrutura de acordo com a sua classe, aproveitando para remover os obsoletos;

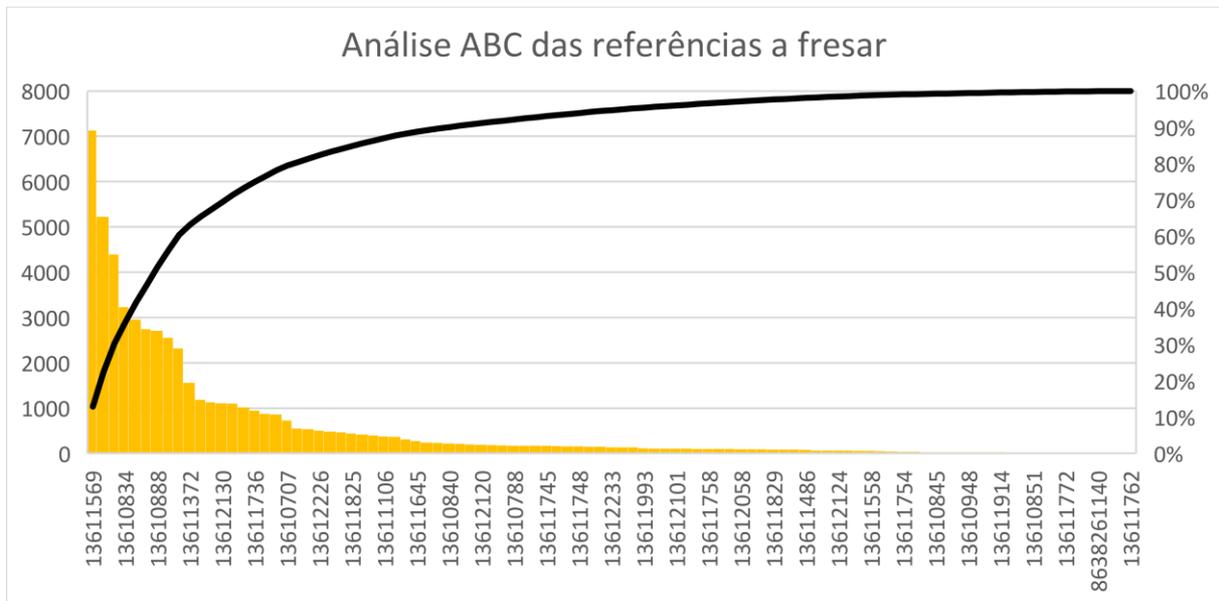


Figura 55 - Análise ABC das referências a fresar

- identificar com a mesma nomenclatura os *Jigs* com a posição na estrutura;
- criar um campo na ordem de produção com a localização na estrutura do *jig* correspondente;
- finalmente foi realizada uma formação com cada um dos três turnos na hora de troca de turno (às 06h00 e às 15h00).

As identificações criadas são visíveis na Figura 56.



Figura 56 - Identificação da estrutura e do Jig

Na Figura 57 é apresentada a comparação entre as situações inicial e final, onde se consegue observar a redução de *jigs* presentes na parte superior da estrutura, uma identificação simplificada, mais clara e

o maior benefício foi, sem dúvida, a eliminação dos desperdícios decorrentes do tempo despendido à procura dos *jigs* (inicialmente rondava os 30 segundos).



Figura 57 - Estruturas inicial e final

Desta forma, o tempo de *changeover* da fresa foi reduzido substancialmente. O resumo deste *changeover* pode ser analisado na Tabela 6 onde constam as tarefas do *changeover*, a sua classificação em tarefas internas ou externas e a sua duração. Nesta mesma tabela é feita a comparação do cenário antes da intervenção e depois da intervenção.

Tabela 6 - Tabela resumo da intervenção SMED na Fresagem

Tarefa	Classificação	Duração (segundos)	
		Antes	Depois
a. Desligar a fresa	interna	1	1
b. Retirar molde da fresa	interna	3	3
c. Trocar de molde (deslocação à estante e procura do novo molde)	interna	30	5
d. Colocar molde na fresa	interna	3	3
e. Ligar a fresa	interna	1	1
	Total	38	13

Na Figura 58, está representado visualmente o ganho, em segundos, desta melhoria.

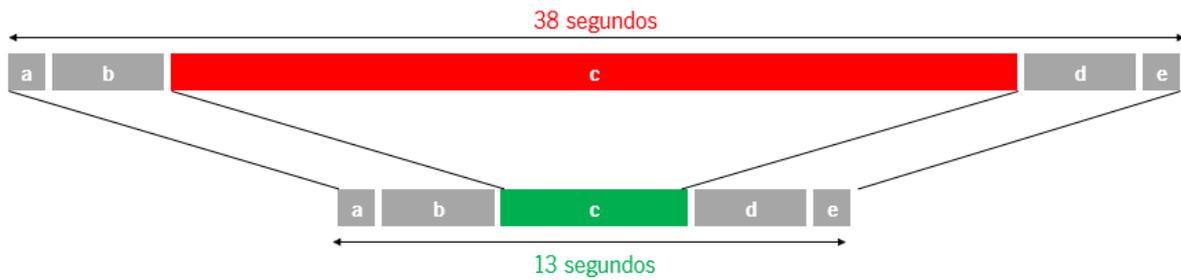


Figura 58 - Percepção visual da redução do tempo de *changeover*

Para concluir o processo foi realizada uma sessão formativa, aos três turnos de atividade, com o auxílio de uma OPL, no sentido de esclarecer os operadores sobre as alterações realizadas e foi notório o feedback positivo recebido resultante desta intervenção.

5.4 Organização de stencils - SMT

Para a resolução deste problema recorreu-se às metodologias SMED e 5S como no projeto anterior. Como já foi descrito no capítulo 4.1.4.1, os stencils (Figura 59) são telas metálicas com orifícios em determinadas coordenadas que permitem a colocação de pasta de solda nos pontos exatos onde o PCB o exige para poderem ser conectados os componentes eletrónicos (Figura 60).



Figura 59 - Exemplo de um stencil

Os stencils têm dimensões de 1m x 1m x 0,04m (comprimento x largura x altura) e como a empresa possui cerca de 600 em armazém (aproximadamente 200 na produção e 400 na área de descontinuados), existia a necessidade de encontrar uma forma mais eficaz de facilmente proceder à sua identificação e localização por parte do operador, numa situação de *changeover*.



Figura 60 - Stencil em uso na Printer

O objetivo desta ação era o de diminuir o tempo de procura (que se situava nos 36 segundos) e localização dos stencils aquando das tarefas de *changeover* e de melhorar visualmente todos estes componentes. Para tal foram tomadas oito ações para atingir este objetivo, a saber:

- Fazer uma seleção desses 200 *stencils* que irão ser usados na produção, com base na procura dos próximos 6 meses. Isto para eliminar desperdício de espaço ocupado por stencils obsoletos;
- Distribuir e alocar os stencils pela estrutura de armazenamento tendo em conta a rotatividade das referências e a inclusão de novas referências;
- Identificar as posições nas estantes com um código com uma letra e um número (Figura 61), obedecendo a uma determinada ordem (identificação das 4 estantes que compõem a estrutura com uma letra e cor específicas e as 40 posições de cada estante numeradas por ordem da direita para a esquerda e de cima para baixo). Importa ainda referir que as referências alocadas nas posições assinaladas com um ponto preto, possuem *stencils* suplentes;



Figura 61 - Identificação das estantes e das respetivas posições

- Identificar com a mesma nomenclatura os *stencils* com a posição da estrutura correspondente (Figura 62);

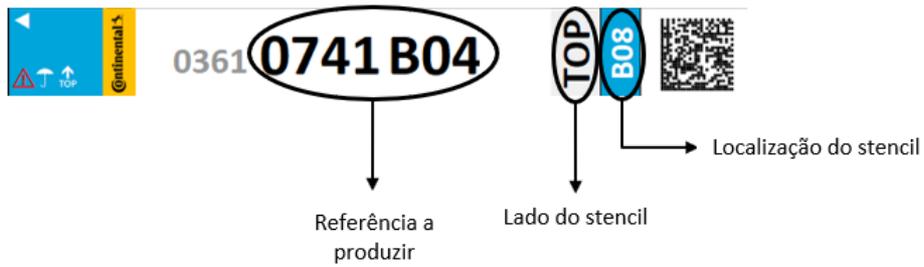


Figura 62 - Novas identificações

- Criar um campo na ordem de produção no SMT (*LotTraveller*) com a localização na estrutura do stencil correspondente (Figura 63);

Printer		Bottom	
Programa	13610712BB04V02		
Pasta Solda	995778		
Suporte	Bases		
Stencil/Pos	0741B04 BOT	B07	

Localização do lado **BOTTOM**

Top	
Programa	13610712TB04V02
Pasta Solda	995778
Pinos	0741B04 TOP
	B08

Localização do lado **TOP**

Figura 63 - Documento de ordem de produção

- Reservar uma estante para stencils suplentes, visível na Figura 64;



Figura 64 - Estante para stencils suplentes

- Criar uma lista com a referência e a localização de cada stencil no caso de haver problemas a nível informático aquando da obtenção da *LotTraveller*;
- Realizar uma formação com dois dos três turnos na hora de troca de turno (às 15h00).



Figura 65 - Estrutura final

Para concluir a ação foi realizada uma sessão formativa, a dois dos três turnos diários, no sentido de esclarecer os operadores sobre as alterações realizadas. O turno três ficou informado deste novo standard pelos colegas do turno dois.

Em conclusão, o desperdício de tempo à procura dos stencils foi reduzido de 36 para 7 segundos (valores médios) e a estrutura dispõe agora de uma maior quantidade de espaços livres (passando de 198 para 173 espaços ocupados, perfazendo um ganho de 25 posições livres) para poder acomodar novos

projetos que possam surgir. A nível visual esta ação pode não ter tido muito impacto, no entanto a nível operacional as vantagens foram notórias, como irá ser possível reparar no capítulo 6.3.

O resumo *changeover* da *Printer* (máquina das linhas SMT onde o stencil é utilizado) pode ser analisado no Anexo II – Resumo das tarefas de *changeover* da *Printer* no SMT. Este *changeover* é realizado por dois operadores, um encarregado das tarefas externas e outro das internas.

Na Tabela 7 é apresentado um resumo dos anexos referidos, devidamente modificado para apresentar valores iniciais e finais da intervenção, focado no primeiro grupo de tarefas externas realizadas pelo operador A durante o SMED.

Tabela 7 - Tabela resumo da intervenção SMED na Printer

Nº	Tarefa	Classificação	Duração (segundos)	
			Antes	Depois
1	Buscar stencil	Externa	36	7
2	Buscar pasta de solda	Externa	10	10
3	Buscar magazine	Externa	60	60
4	Buscar pinos ou placas	Externa	23	23
5	Colocar carro de <i>setup</i> junto à placa	Externa	20	20
6	Carregar magazine	Externa	11	11
Total			160	131

Com é possível verificar, a melhoria descrita neste subcapítulo permitiu diminuir o tempo da tarefa nº1 em 29 segundos. Representando uma redução de tempo neste grupo de tarefas de 18%, tempo esse que pode ser utilizado pelo operador A no auxílio do operador B.

Na Figura 66, está representado visualmente o ganho, em segundos, desta melhoria, neste primeiro conjunto de tarefas externas.

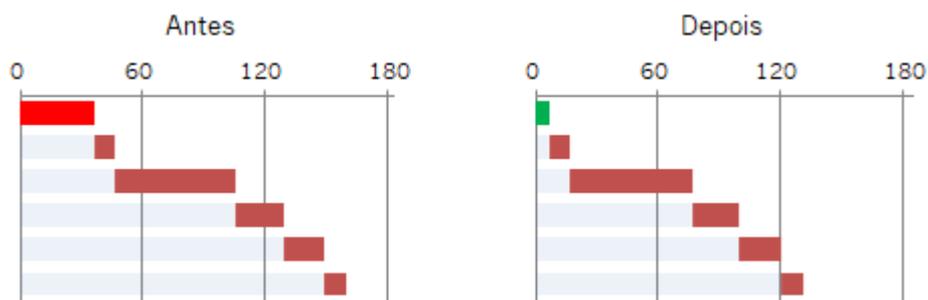


Figura 66 - Perceção visual da redução do tempo de *changeover* na Printer

É de extrema importância referir que dadas as circunstâncias e o dia-a-dia do contexto empresarial, o SMED foi aplicado de forma mais básica, isto porque foram surgindo outros projetos, cuja solução seria

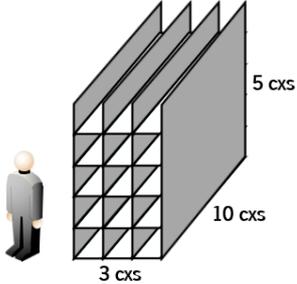
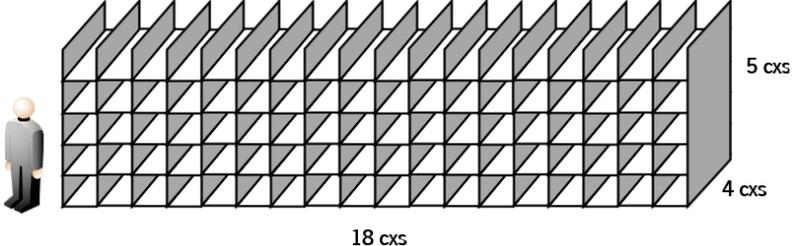
mais vantajosa para a empresa durante a realização desta dissertação, como por exemplo a implementação de TPM nas linhas de produção. No entanto, esse facto não impediu o autor de desenvolver e apresentar melhorias que foram implementadas com resultados positivos, ainda que, de certa forma pouco expressivos.

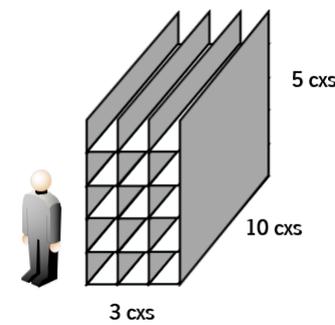
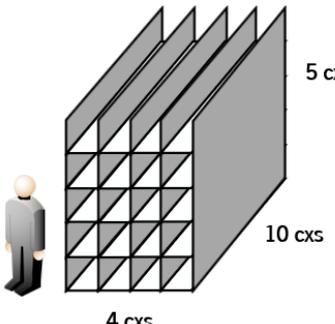
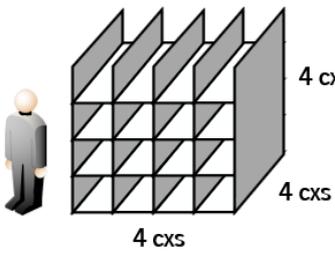
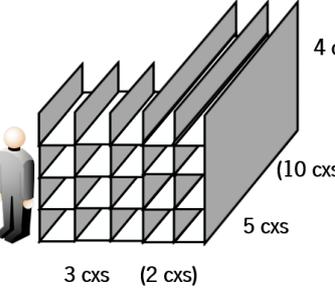
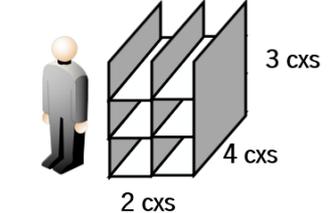
5.5 Dimensionamento de supermercados

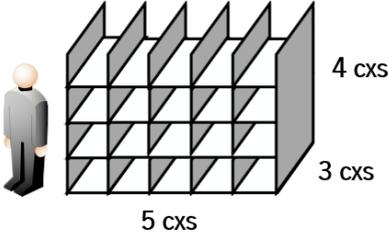
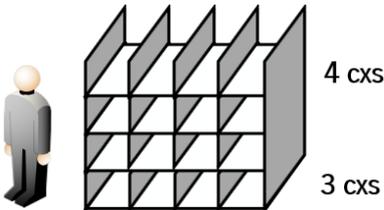
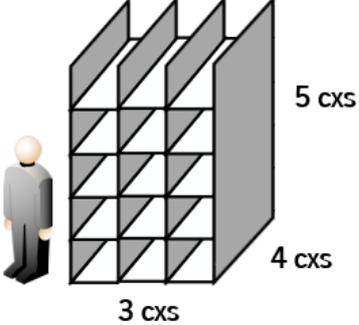
Nesta secção encontra-se relatada a linha de pensamento e cálculos efetuados para realizar o redimensionamento de um supermercado entre a área do Parque de Máquinas e a Montagem Final. Tendo sido este redimensionamento baseado na procura dos clientes a 6 meses, foram aproveitadas *racks* já existentes, que foram alvo de alterações estruturais no sentido de se adaptarem à nova realidade e ainda foram criadas novas estruturas devido ao aumento de novas encomendas.

Para suportar a produção de 140 referências distintas, correspondendo a uma quantidade produzida de 50 000 antenas diárias, o supermercado é composto por 10 estruturas identificadas de A a J com espaço de alocação para 1 256 caixas, cujas capacidades podem ir de 30 a 600 PCB's/caixa, dependendo da referência. As estruturas têm várias dimensões como pode ser visualizado na Tabela 8.

Tabela 8 - Capacidade das estruturas (em caixas)

Estante	Dimensões (em caixas)	Capacidade (em caixas)
A	 <p>3 cxs 10 cxs 5 cxs</p>	$3 \times 10 \times 5 = 150$
B	 <p>18 cxs 4 cxs 5 cxs</p>	360

C	 <p>3 cxs 5 cxs 10 cxs</p>	150
D	 <p>4 cxs 5 cxs 10 cxs</p>	200
E	 <p>4 cxs 4 cxs 4 cxs</p>	64
F	 <p>3 cxs (2 cxs) 4 cxs 5 cxs (10 cxs)</p>	60 + (80)
G	 <p>2 cxs 3 cxs 4 cxs</p>	24

H	 <p>5 cxs 3 cxs 4 cxs</p>	60
I	 <p>4 cxs 3 cxs 4 cxs</p>	48
J	 <p>3 cxs 4 cxs 5 cxs</p>	60
TOTAL:		1256 cxs

Estas estruturas estão distribuídas um pouco por toda a fábrica e isso foi tido em conta na alocação das referências pelas estruturas, isto é, quanto mais próximo das linhas estiverem as referências, tanto melhor.

5.5.1 Cálculo do nº de entradas nas estantes

O cálculo do nº de entradas necessárias para cada referência, nas estruturas do supermercado contempla os seguintes parâmetros:

- Procura de determinada referência por dia;
- Quantidade de PCBs na caixa;
- O nº de dias de trabalho que representa o lote produzido (mínimo de 1 dia);
- A profundidade da estante, onde irão ser alocadas as referências.

E esse cálculo é feito recorrendo à seguinte fórmula:

$$\text{N}^\circ \text{ de entradas} = \frac{\left(\frac{\text{Procura} \times \text{N}^\circ \text{ dias de trabalho do lote}}{\text{Qtd da caixa}} \right)}{\text{Profundidade da estrutura}}$$

Deixo de seguida um exemplo da aplicação da fórmula. Considerando uma referência que tem uma procura diária de 3000 peças, a capacidade da caixa é de 150 PCBs, o lote produzido corresponde a 1 dia de produção e irá ser colocada na estante A (por se localizar mais próximo das linhas onde será usada) que tem 10 caixas de profundidade:

$$\text{N}^\circ \text{ de entradas} = [(3000 \times 1) / 150] / 10 = 2 \text{ entradas}$$

Este raciocínio foi replicado nas 140 referências em análise, recorrendo a uma folha de cálculo e concluída esta tarefa, foi possível avançar ao próximo passo deste projeto.

5.5.2 Workshop

Para a alocação das 140 referências pelas racks disponíveis, foi realizado um workshop de 8h onde estiveram presentes representantes da área da logística e da produção, além da melhoria contínua. O papel destes representantes foi importantíssimo, uma vez que através do seu feedback, foi possível alocar as referências, não só pela sua classe, mas também pela simplificação operacional. Isto é, através das suas experiências no terreno, concluiu-se que certas referências teriam vantagens se fossem colocadas em certas estantes, localizadas em determinadas áreas da fábrica, o que facilitaria tanto o abastecimento por parte do comboio logístico, como a diminuição das deslocações dos operadores desde a linha até à estante. Para a alocação das referências pelas diferentes estantes, recorreu-se ao auxílio de post-its, ímanes e vários quadros magnéticos, facilitando a discussão e a tomada de decisão entre todos, uma vez que se tornou muito mais visual e intuitivo ter uma noção de como iriam ficar distribuídas as referências (Figura 67).



Figura 67 - Workshop dos supermercados

5.5.3 Gestão visual

Ao nível operacional, no sentido de facilitar a localização das posições das referências nas diferentes estantes que constituem o supermercado, foram criadas identificações. Nestas identificações estão em destaque o n° de referência, a posição e a linha onde são produzidas (Figura 68).

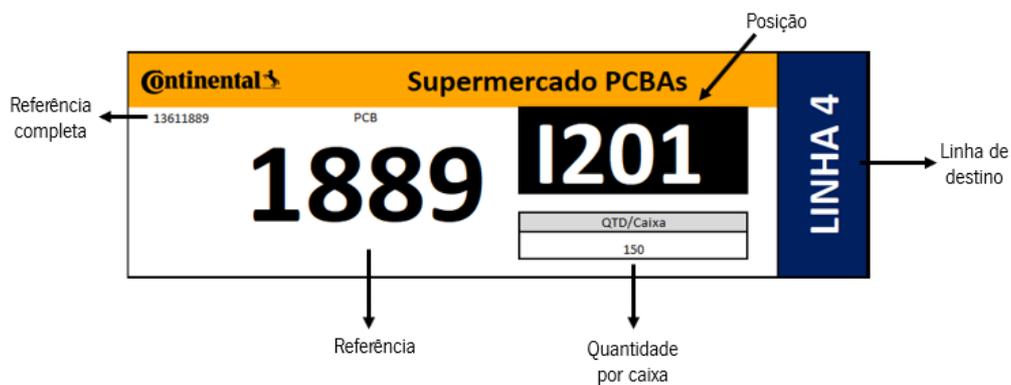


Figura 68 - Identificação dos supermercados

A posição das referências irá também constar na ficha de seguimento da produção. Isto fará com que o tempo de procura da referência seja drasticamente diminuído de 13 para 3 segundos.

5.6 Implementação de TPM

Como referenciado no capítulo 4.3.6, foi observada uma oportunidade de melhoria no sentido de aumentar a disponibilidade das linhas da montagem final. Para a resolução deste problema, a metodologia usada foi o TPM, recorrendo a 3 dos 8 pilares da casa TPM: manutenção autónoma, manutenção planeada e melhorias específicas. O primeiro passo, foi selecionar um determinado número de linhas onde seria aplicado o TPM durante o ano de 2020 e posteriormente, verificar se a metodologia estaria a surtir efeito no alcance do objetivo final, o aumento da disponibilidade que se situava inicialmente nos 95%. Assim sendo, este projeto foi organizado em dois passos da seguinte forma:

Como ponto de partida, foi realizado de um *workshop* repartido em 2 dias e foram convidados a estarem presentes um operador de cada turno da linha em questão, um supervisor, um elemento da manutenção, um elemento do processo e os formadores.

O objetivo foi o de dotar os intervenientes de conhecimentos sobre o TPM, qual a sua importância no processo produtivo e o de promover a partilha de conhecimentos entre departamentos (produção, processo e manutenção) e os operadores dos diferentes turnos. Esta atividade permitiu abordar vários temas:

- Identificação dos problemas da linha, qual o seu motivo e respetiva resolução;
- Definição e distribuição de tarefas no plano de manutenção autónoma – as tarefas ficam a cargo dos operadores da linha e têm uma duração de 3 minutos no final de cada turno;
- Análise das tarefas no chão-de-fábrica;
- Preparação do Quadro TPM (Figura 69), Ajudas Visuais, Kits TPM, etc.



- 1 – Cartões de planeamento (T-Card)
- 2 – Dias da semana
- 3 – Turnos
- 4 – Cartões de status
- 5 – Cartões de anomalia
- 6 – Ajudas visuais
- 7 – Kits de limpeza

Figura 69 - Quadro TPM

O quadro TPM segue uma dinâmica de consulta de cartões em cada dia e funciona da seguinte forma:

- I. No final de cada turno todos os operadores a trabalhar na linha devem dirigir-se ao quadro de TPM e consultar o cartão a si atribuído. Os cartões de planeamento são cartões, os *T-Card* (Figura 70), organizados por Dia da Semana, Turno e Operador. Cada cartão corresponde a um conjunto de tarefas.

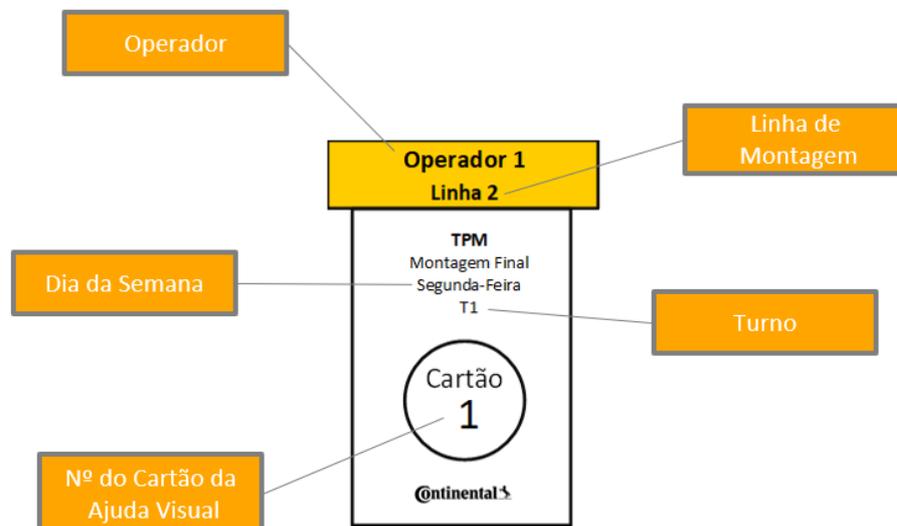


Figura 70 - T-Card

- II. Posteriormente, devem procurar o cartão de ajuda visual (Figura 71) com o número correspondente ao do cartão de planeamento e realizar as tarefas nele indicadas.

Localização na linha do ponto de manutenção autónoma

Pontos Críticos de Qualidade e Segurança

tarefas de Manutenção Autónoma

Número do Cartão

Linha de Montagem

Ajuda Visual

Material a utilizar

Manutenção Autónoma – Ajuda Visual

Cartão 4

F.A. - Linha 2

Antes de realizar qualquer tarefa, accionar o botão de emergência

Robot Soldadura

A- Limpar Bico de Soldadura. (Escova metálica)

AOI

B- Limpar superfície do AOI. (Pano e Ajax)

Prensa Shielding

C- Limpar superfície da Prensa. (Pano e Ajax)

Sistema de Teste

D- Limpar bancada. (Pano e Ajax)

Duração Prevista
3 minutos

Operador 3

Figura 71 - Cartão de ajuda visual

- III. Se as tarefas planeadas para o turno forem cumpridas na íntegra, deverá ser colocado um cartão verde (a) no espaço dedicado à gestão do cumprimento das tarefas, na parte inferior do quadro. Caso contrário, deverá ser colocado um cartão vermelho (b), como exemplificado na Figura 72.

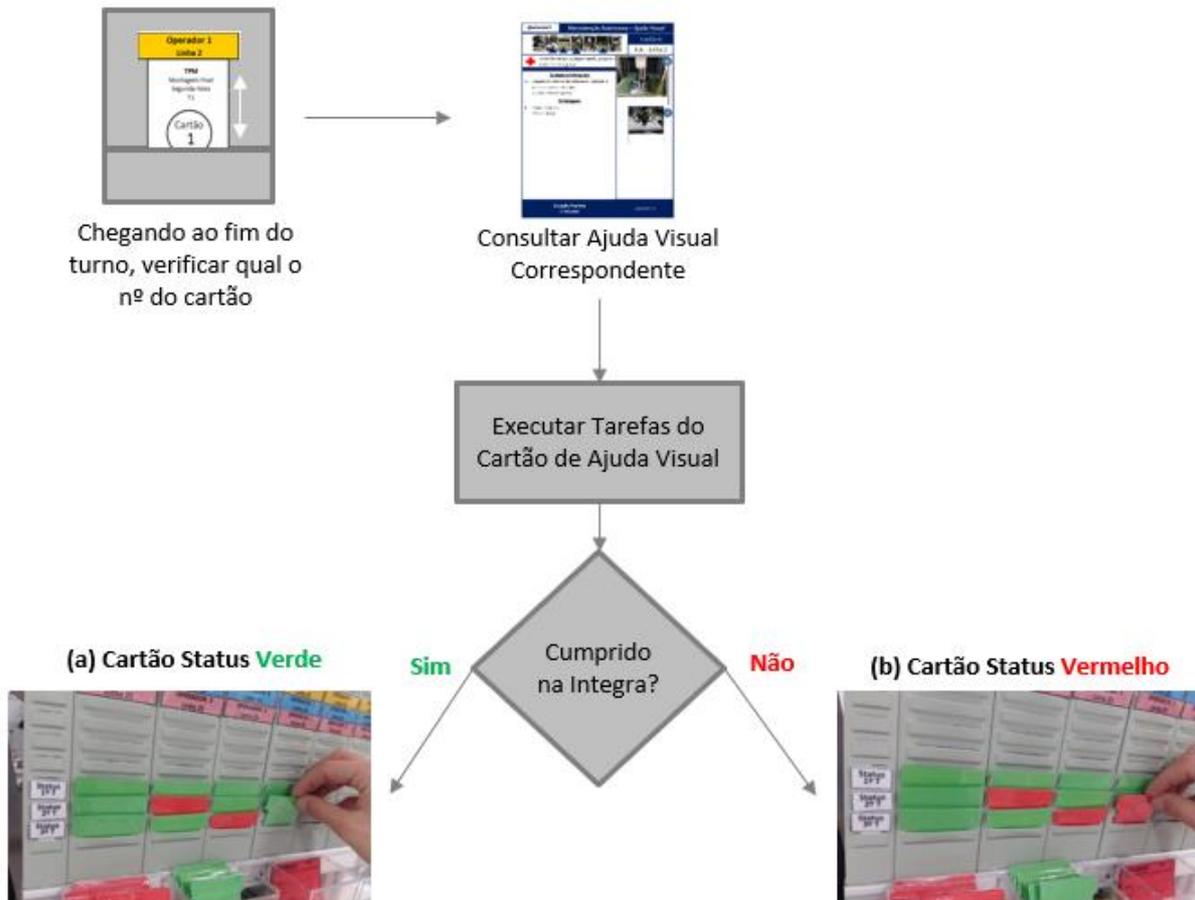


Figura 72 - Dinâmica de funcionamento dos cartões de status

- IV. A sinalização de problemas ou anomalias deve ser feita de uma forma estruturada e integrada no sistema de TPM. Para tal, foi criado o cartão de anomalia (Figura 73). Este cartão deve ser preenchido sempre que é identificada uma anomalia, ou seja, um problema que não impeça a produção, como pequenas fugas de ar, mau estado de fios elétricos ou desgaste em outras peças. No sentido de serem acompanhados os resultados desta proposta de melhoria, ficou definida a realização de uma reunião semanal com o coordenador da produção, o coordenador de manutenção, o supervisor da linha em questão e um técnico de melhoria contínua, onde todos os cartões de anomalia são analisados, no chão-de-fábrica, com o intuito de resolver as anomalias apontadas.

Continental **TPM**
Cartão de anomalia

Data em que foi identificada a anomalia → Nome: _____

Local da anomalia (Linha e equipamento) → Local da anomalia: _____

Operador de identifica a anomalia → _____

Turno em que a anomalia foi identificada → Data: _____ Turno: _____

Descrição da anomalia → Descrição: _____

Espaço para a rúbrica aquando da resolução do problema → Anomalia eliminada: _____

Figura 73 - Cartão de anomalia

A dinâmica dos cartões de anomalia segue o fluxograma da Figura 74:

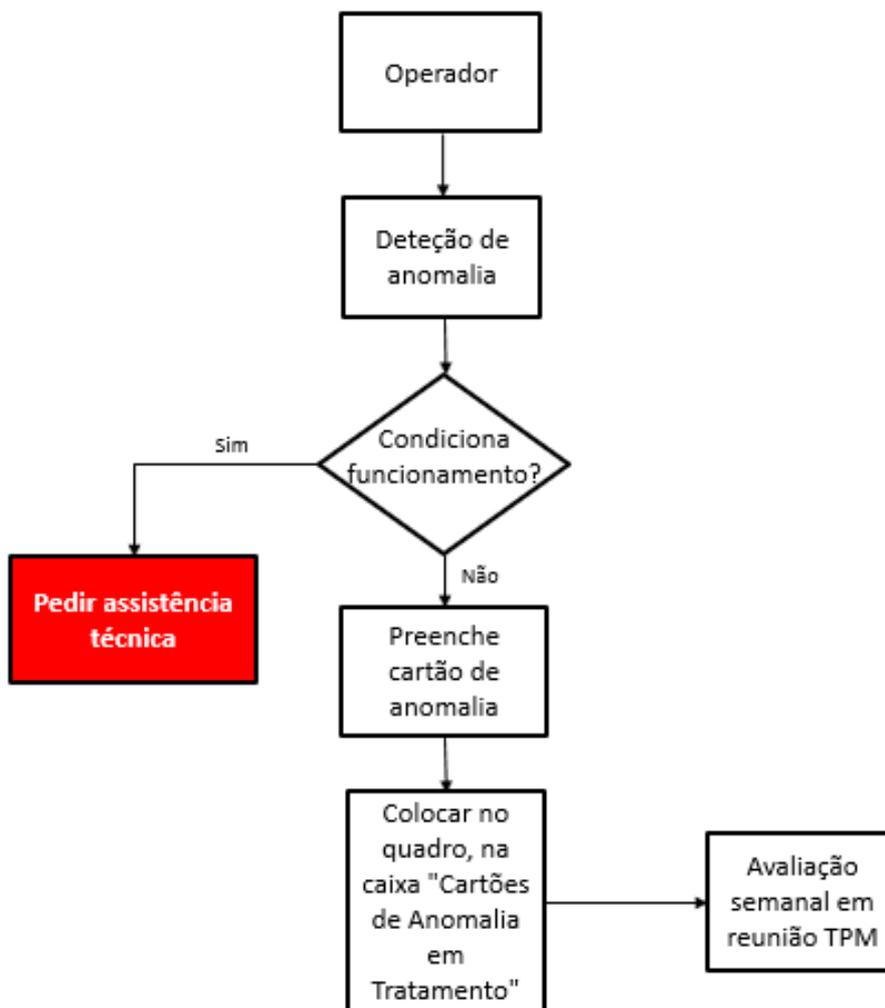


Figura 74 - Fluxograma do funcionamento dos cartões de anomalia

- V. No quadro de linha está afixado um registo diário de cumprimento das tarefas de Manutenção Autónoma. O registo diário (Figura 75) é da responsabilidade dos operadores da linha que colocam o seu nome no espaço referente ao dia e ao turno em que foi efetuado o TPM. No final de cada semana o supervisor é responsável pelo registo do cumprimento do plano e, no final de cada mês, pela renovação do registo.

The image shows a TPM record sheet for Line 45, Month of February. The sheet is titled "REGISTO TPM" and features the Continental logo. It is divided into three sections for Turno 1, Turno 2, and Turno 3. Each section contains a grid with columns for days (1-31) and rows for daily validation by operators. Handwritten signatures and names are present in the grid cells. Below the grids, there are three boxes, one for each turn, defining the responsibilities of the operators for validation and compliance.

Figura 75 - Registo diário TPM

Finalmente foi realizada, na linha, uma formação relativa à utilização do quadro TPM e das tarefas de limpeza a serem realizadas pelos três turnos.

5.7 Sistema *Kanban*

De forma a melhorar a gestão de caixas lavadas em armazém e a resolver as questões apresentadas no capítulo 4.3.7, foi implementado um sistema *kanban* nessa área. Com este sistema, pretende-se:

- I. Garantir a disponibilidade de caixas lavadas;
- II. Otimizar o fluxo de informação e eliminar a espera de informações por parte da logística;
- III. Garantir a autonomia da equipa de lavagem de caixas;

Importa referir que a dinâmica deste sistema é realizada num quadro de *kanbans* e não nas paletes em si. De seguida é descrito o sistema detalhadamente.

5.7.1 *Kanbans*

Cada *Kanban* representa uma paleta de caixas, sendo o nº de caixas por paleta dependente da referência da caixa. O *layout* dos mesmos pode ser analisado na Figura 76.

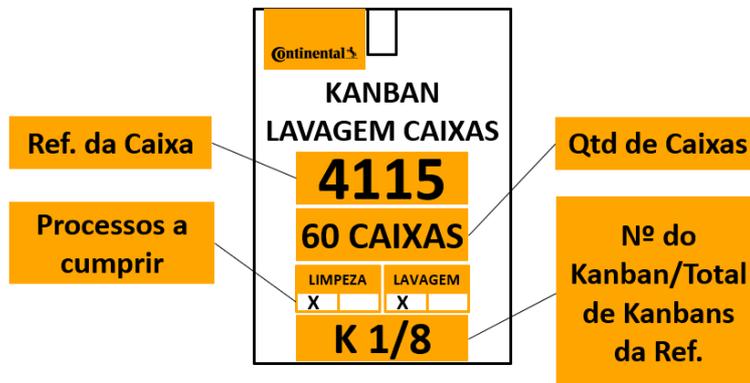


Figura 76 - Descrição detalhada do kanban

Trata-se, portanto, de um *kanban* referente à embalagem 4115; tem uma quantidade de caixas por paleta igual a 60; são limpas (são descoladas as etiquetas do cliente) e lavadas (lavadas com água e produto de limpeza numa máquina automática); é o nº 1 de 8 *kanbans* da referência em questão.

5.7.2 *Quadro kanban*

Os *kanbans* deste sistema não são colocados na paleta nem acompanham as caixas. São apenas geridos e movimentados no quadro *kanban*, cujo esquema se encontra na Figura 77.

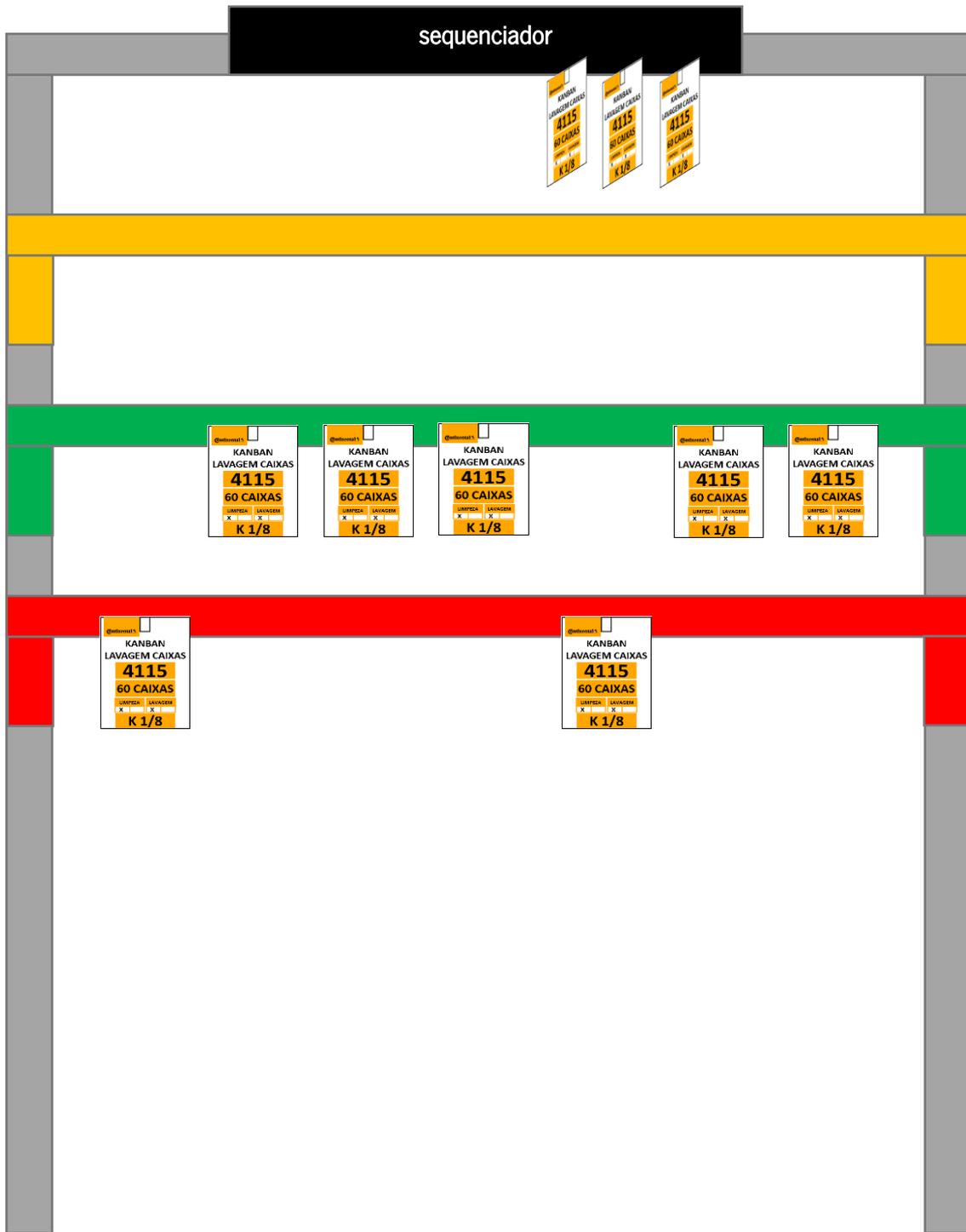


Figura 77 - Esquema do quadro desenvolvido

A disposição do quadro é apresentada na Figura 78.

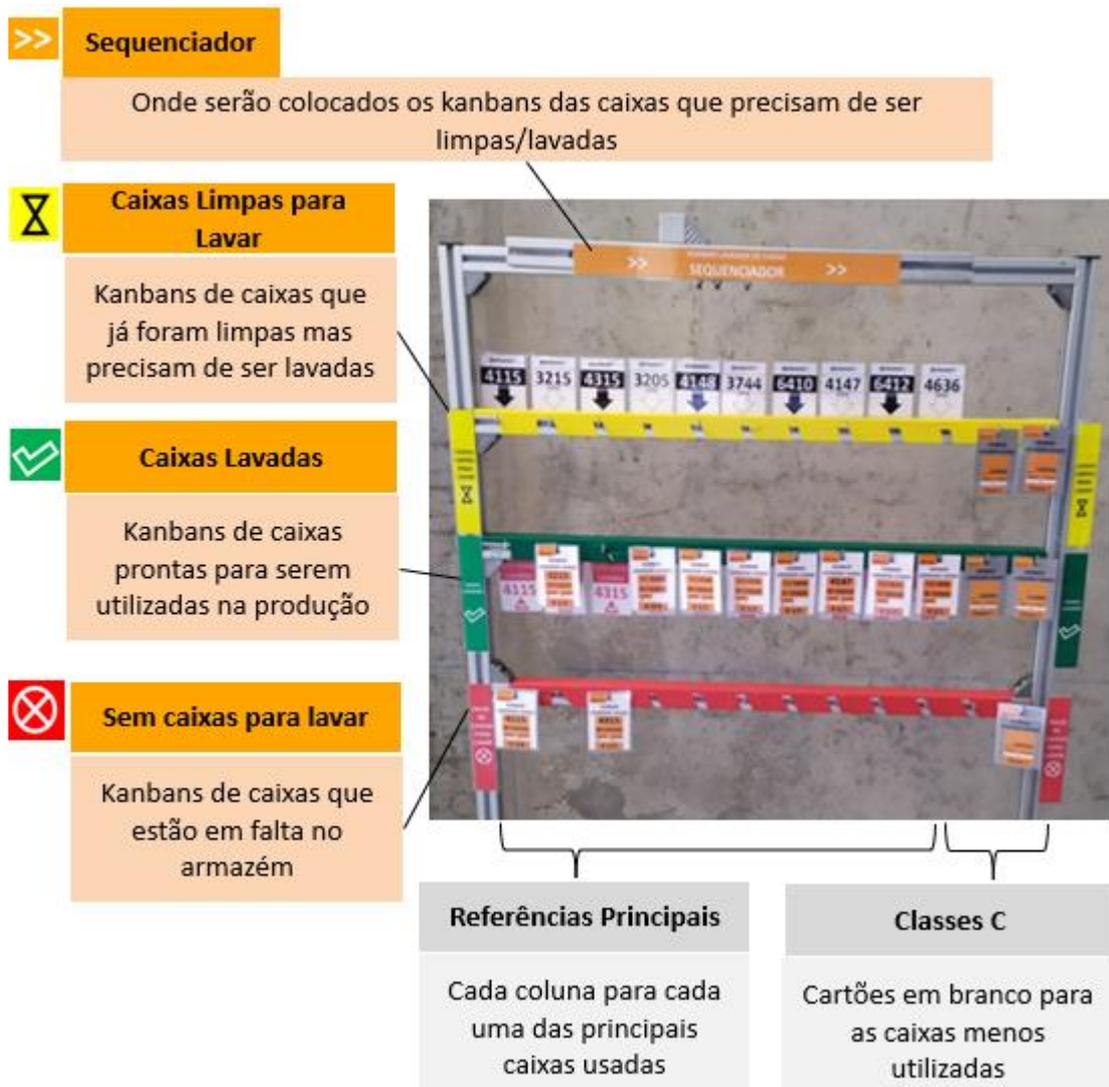


Figura 78 - Quadro kanban criado e a respetiva descrição

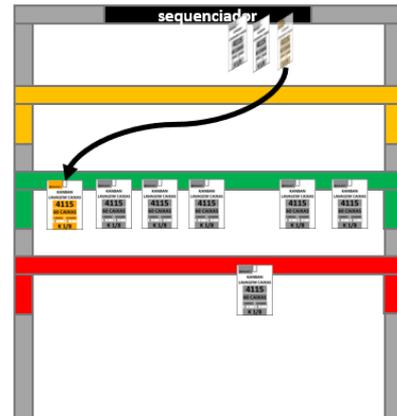
5.7.3 Funcionamento do quadro

O funcionamento do quadro além de simples é também bastante intuitivo, seguindo a dinâmica apresentada abaixo, na Tabela 9.

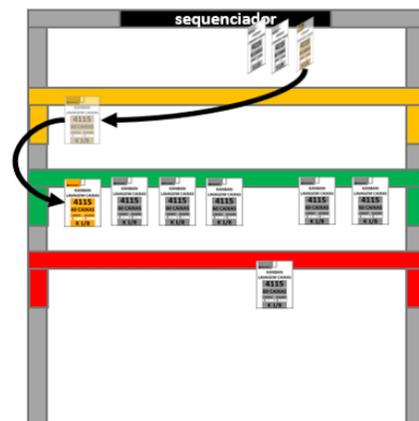
Quando o colaborador da lavagem inicia o dia de trabalho, dirige-se ao quadro e retira o primeiro cartão presente do lado direito do sequenciador:

Tabela 9 - Funcionamento do quadro

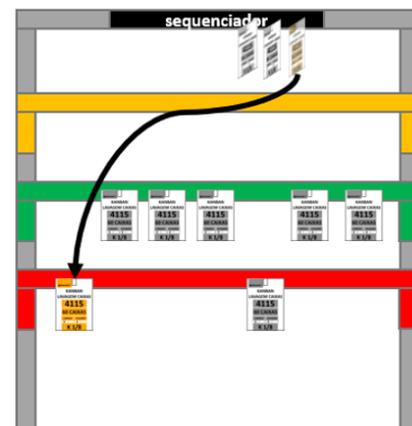
1. Se as caixas em questão forem só lavadas (caixas que não são limpas dado que, a pedido do cliente, não lhes é retirada a etiqueta), o *kanban* deve ser retirado do sequenciador e colocado na área **verde**.



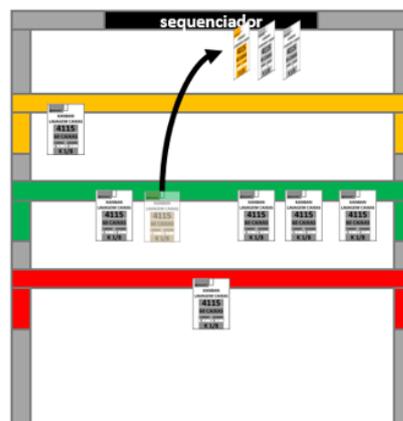
2. Se as caixas forem limpas e lavadas, o *kanban* deve ser colocado na área **amarela**, enquanto são limpas. Quando o colaborador estiver pronto para as lavar, deve pegar no *kanban* em questão e transportá-lo para a área **verde**.



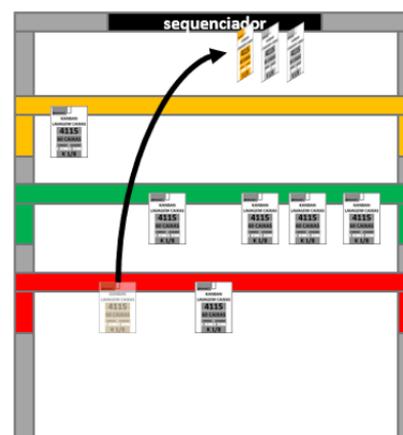
3. Se não houverem caixas para lavar em armazém, o colaborador deve pegar no *kanban* referente, presente no sequenciador e colocá-lo na área **vermelha**.



4. Quando o colaborador da logística se dirigir ao armazém para buscar uma determinada referência, deve retirar o *kanban* referente ao tipo de caixa que leva e deslocá-lo para da área **verde** para o **sequenciador**, que se traduz numa necessidade de lavagem de caixas da mesma referência que levou.



5. Os *kanbans* presentes na área **vermelha** devem ser transportados para o **sequenciador** quando as caixas chegam ao armazém.



Importa referir que foi calculado o nº de kanbans necessários por referência de caixa para satisfazer 2 dias de produção. O cálculo contemplou a procura de cada referência em 2 dias (nº de caixas) e o nº de caixas por palete, seguindo a seguinte fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de kanbans para a referência } A = \frac{\text{procura de caixas da ref A para 2 dias}}{\text{quantidade caixas por palete da ref A}}$$

Com a aplicação desta metodologia o indicador recolhido, descrito no capítulo 4.3.7, reduziu-se para os 18% (43 falhas em 239 produções que necessitavam de caixas lavadas).

Desta forma espera-se ainda atingir as restantes melhorias referidas no início do capítulo e assim racionalizar esta área, fornecendo à gestão mais informação no sentido de perceber qual a real eficiência e capacidade desta zona.

6. ANÁLISE DE RESULTADOS

Neste capítulo serão analisados os resultados obtidos consequentes da implementação das propostas de melhoria descritas anteriormente.

6.1 Quadro de gestão de envios de encomendas e quadro de gestão de equipas (Gestão Visual)

Neste âmbito, é difícil quantificar as melhorias isto porque o impacto destas medidas permite mais facilmente aumentar a perceção do sistema produtivo de um ponto de vista da gestão de operações do que propriamente implementar melhorias diretas nas linhas ou no processo produtivo. No entanto muitas dessas melhorias advêm da análise/utilização destas ferramentas de gestão visual. Posto isto, a única forma de avaliar os resultados foi através do feedback positivo recebido tanto dos operadores como dos supervisores/coordenadores de área.

6.2 Organização de moldes na Fresagem

Em termos de resultados nesta melhoria, a redução do tempo do primeiro grupo de tarefas externas do *changeover* foi evidente e diminuiu de 160 segundos para cerca de 131 segundos (melhoria de 19%). O ganho monetário nesta ação foi de 506,00€/ano. O cálculo foi feito da seguinte forma:

$$\frac{25 \times 440 \times 12}{60} \times 0,23 = 506,00 \text{ €/ano}$$

(25s x 440 mudanças de referência por mês x 12 meses x 0,23€/min) / 60 min

6.3 Organização de stencils no SMT

A redução do tempo à procura dos stencils foi notória permitiu a diminuição do primeiro grupo de tarefas externas de 160 para 131 segundos, representando um ganho de 18%. O ganho monetário nesta ação foi de 606,97€/ano.

$$\frac{29 \times 455 \times 12}{60} \times 0,23 = 606,97 \text{ €/ano}$$

(29s x 455 mudanças de referência por mês x 12 meses x 0,23€/min) / 60min.

A ocupação das estruturas diminuiu 11,5 pontos percentuais (de 99% para 87,5%), o que representa uma disponibilidade de 25 espaços para poderem ser alocados novos stencils referentes a novas referências que possam ser incluídas na produção.

6.4 Dimensionamento de supermercados

À semelhança das alterações anteriores, a redução do tempo à procura das referências a produzir foi clara e reduziu-se de aproximadamente 13 segundos para cerca de 3 segundos (melhoria de 77%), que corresponde a um ganho monetário de 3339,60 €/ano. Cálculo efetuado:

$$\frac{10 \times 330 \times 22 \times 12}{60} \times 0,23 = 3339,60 \text{ €/ano}$$

(10s x 330 mudanças de referência em 66 linhas/dia x 22 dias x 12 meses x 0,23€/min) / 60 min.

Outra das análises que merecem ser mencionadas prende-se com seguinte: muitas vezes, ter apenas uma estrutura que sirva como supermercado não é sinónimo de eficiência produtiva. Se esta não se encontrar devidamente organizada, com espaços definidos concretamente para cada referência, não se consegue perceber o que está em falta ou o que está em excesso (Figura 79).

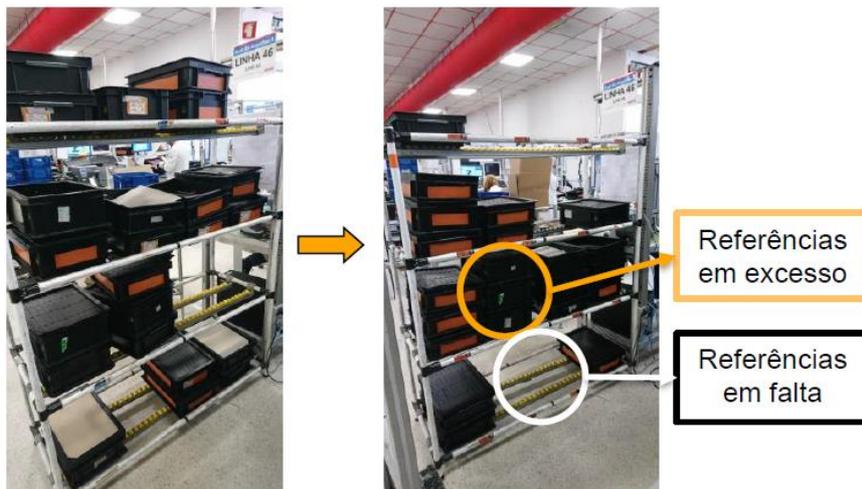


Figura 79 - Reorganização de supermercados (1)

A Figura 80 representa o impacto resultante da melhoria proposta, não só a nível operacional, mas também visual.

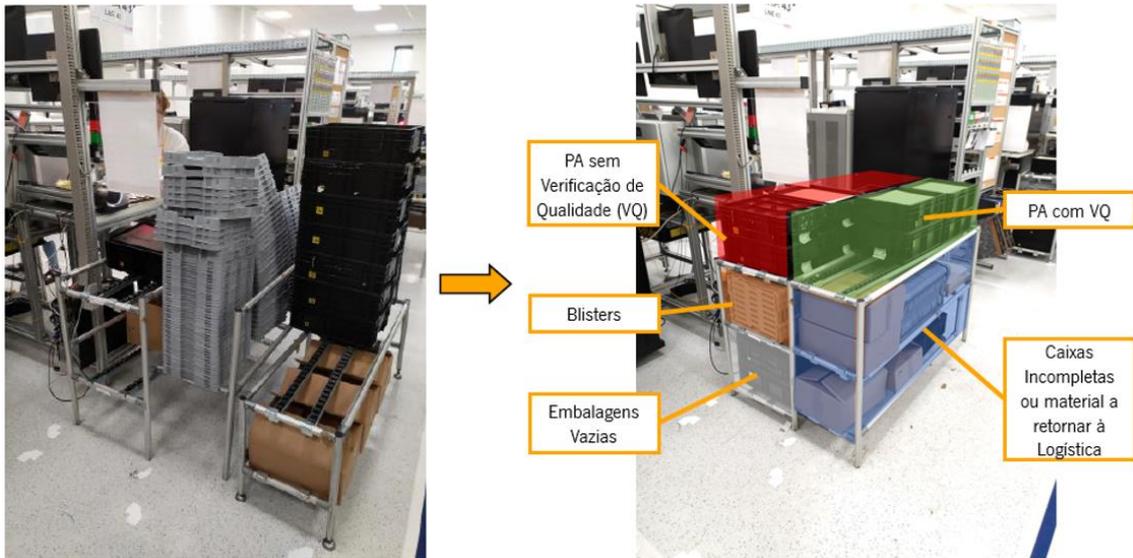


Figura 80 - Reorganização de supermercados (2)

No entanto, importa referir que todas estas propostas, seja neste projeto ou em outros que se lhe assemelhem, só funcionam se houver uma cultura de standardização de processos e, tão importante quanto isso, o cumprimento de regras adotadas por parte dos operadores. Caso contrário, estes projetos não têm razão de ser, aos olhos da melhoria contínua e da otimização de processos, e não tem um papel verdadeiramente preponderante na eficiência geral da empresa. Na Figura 81, podemos observar algumas das estruturas finalizadas que compõem o supermercado.



Figura 81 - Resultado final das estruturas dimensionadas

6.5 Implementação de TPM

A aplicação da metodologia do TPM teve como consequência um aumento, em média, de 2,33 pontos percentuais (2,46%) da disponibilidade nas linhas onde foi aplicado, significando um aumento de tempo adicional de abertura de 500 min/mês/linha (ver Tabela 10).

Tabela 10 - Resumo dos valores médios de disponibilidade/linha por mês

Linha	mês -2	mês -1	mês 0 (implementação)	mês 1	mês 2	mês 3	Antes da intervenção (média - 2 meses)	Depois da intervenção (média - 4 meses)	Varição (Pontos percentuais)
2	94,55%	94,24%	95,61%	96,70%	96,95%	97,20%	94,40%	96,62%	2,22
34	94,87%	94,20%	96,52%	97,80%	96,96%	97,52%	94,54%	97,20%	2,67
43	95,12%	95,01%	96,89%	97,25%	97,32%	97,27%	95,07%	97,18%	2,12
						Média	94,67%	97,00%	2,33

Em termos monetários, correspondeu a um ganho de **34 836 €** até ao início de Jul/20. De notar que este valor é referente apenas à análise de resultados da aplicação de TPM em 3 linhas (2, 34 e 43). Estima-se que a aplicação de TPM nas linhas de classe A e B (17 linhas) permita um ganho de aproximadamente **153 000 €**. Estes cálculos podem ser analisados no Anexo III – Cálculos dos ganhos com a implementação do TPM.

6.6 Sistema *Kanban*

Com aplicação do sistema de *Kanban* no armazém da lavagem de caixas foi possível concretizar duas melhorias essenciais: a diminuição de 16 pontos percentuais (de 34% para 18%) no número de falhas de abastecimento de caixas lavadas à produção. O fluxo de informação foi melhorado uma vez que não é necessária a transferência de informação verbal dado que a dinâmica do quadro assim o permite. Consequentemente, a equipa da lavagem das caixas pode chegar no início do seu turno e ser mais autónoma, começando a laborar sem aguardar por alguém que lhes passe a informação sobre que referencias lavar, uma vez que essa informação já se encontra no quadro. Outra das vantagens foi a racionalização de espaço do armazém, devido à definição do número de paletes de caixas necessárias para os diferentes tipos de caixa utilizados.

6.7 Resumo das melhorias

Em suma, a Tabela 11 resume todas as melhorias efetuadas e os respetivos ganhos decorrentes dessas ações.

Tabela 11 - Resumo das melhorias

Ação realizada	Valor Inicial	Valor Final	Ganho		
			€/ano	tempo	%
Atualização do quadro de gestão de envios de encomendas	-	-	N/Q	N/Q	N/Q
Desenvolvimento de um quadro de gestão de equipas	-	-	N/Q	N/Q	N/Q
Organização de moldes na Fresagem	38 segundos	13 segundos	506,00	25s	66%
Organização de stencils	160 segundos	131 segundos	606,97	29s	18%
Redimensionamento de supermercadados	13 segundos	3 segundos	3 339,60	10s	77%
Implementação de TPM	N/Q	N/Q	34 836	N/Q	2,33 pts%
Implementação de sistema <i>kanban</i>	34% de falhas	18% de falhas	N/Q	N/Q	16 pts%
		Total	39 288,57		

N/Q = não quantificável

7. COVID-19

O autor sentiu a necessidade de criar este capítulo a título excepcional, uma vez que, durante os meses de desenvolvimento desta dissertação, surgiu uma pandemia que afetou não só a sociedade, mas também economia e as empresas a nível mundial. Por consequência, este projeto foi também, de alguma forma, influenciado por este acontecimento. Posto isto, descreve-se brevemente de seguida o que foi esta pandemia e que consequências teve na empresa em estudo.

7.1 Medidas adotadas pela empresa

As medidas adotadas pela *Continental Advanced Antenna*, para fazer face ao COVID-19, são descritas de seguida.

7.1.1 Alterações no layout das máquinas

Na Figura 82, comprova-se a alteração da posição da entrada de matérias-primas no posto de trabalho para que o distanciamento entre os operadores fosse aumentado e foi criada uma delimitação no piso para restringir o espaço de movimentação em cada PT. É possível notar ainda que o objetivo de produção de antenas baixou de 225pç/h para 200pç/h resultante do aumento do TC de 16 para 18 segundos.



Figura 82 - Alterações realizadas nas linhas (1)

7.1.2 Divisão de linhas de produção

Na Figura 83, consegue-se reparar na divisão de uma linha com 4 operadores para duas linhas com 2 operadores cada e, à semelhança do exemplo anterior, foi criada uma delimitação no piso para restringir o espaço de movimentação em cada PT. Apesar disso, verifica-se que o objetivo de produção de antenas

manteve-se inalterado nas 211pç/h. Isto acontece porque apesar do TC ter passado para o dobro, o n° de linhas também duplicou e assim, é possível manter a cadência de produção de antenas.

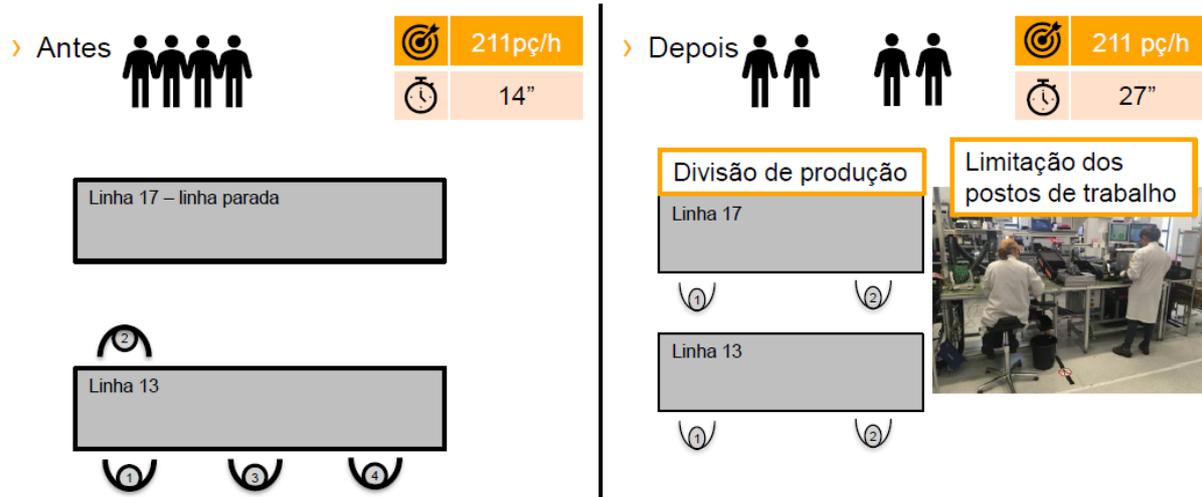


Figura 83 - Alterações realizadas nas linhas (2)

7.1.3 Alterações de layout das linhas

Já na Figura 84, está representada a alteração de *layout* da linha no sentido de afastar os operadores para minimizar a possibilidade de contágio durante as horas de trabalho. Esta alteração em nada sacrificou a produtividade da linha, o que é um ponto bastante positivo, tanto para a empresa como para os operadores.

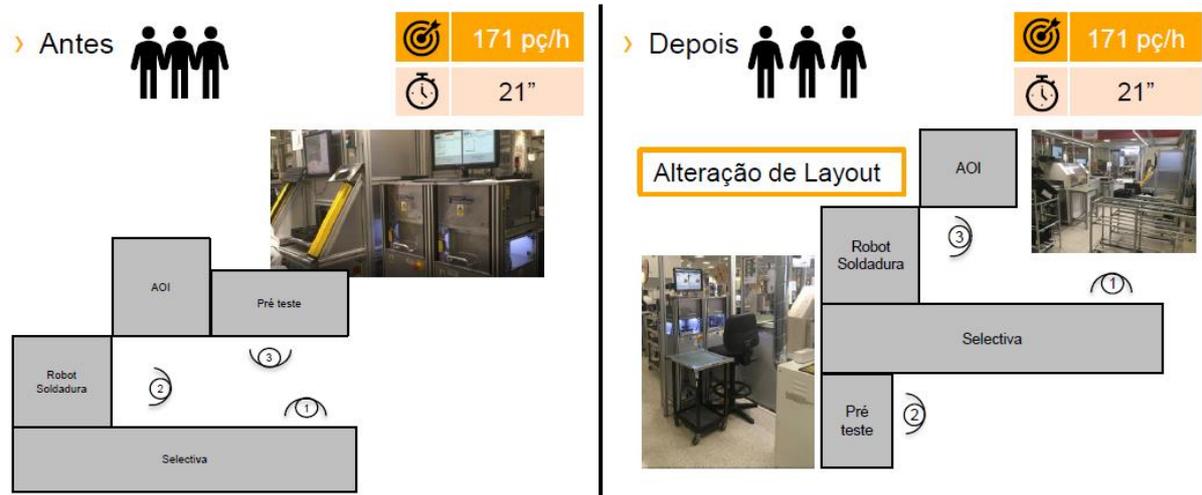


Figura 84 - Alterações realizadas nas linhas (3)

7.1.4 Limitação da área dos postos de trabalho

Finalmente, em todas as linhas, foram criadas delimitações no piso para restringir o espaço de movimentação em cada PT e tentar manter o distanciamento entre operadores (Figura 85).



Figura 85 - Alterações realizadas nas linhas (4)

7.1.5 Resumo

O resumo das alterações (passíveis de serem quantificadas) resultantes das medidas adotadas pela empresa, é apresentado no gráfico da Figura 86 (dos dados necessários para a construção deste gráfico encontram-se no Anexo IV – Resumo das alterações quantificáveis às linhas devido ao COVID-19).

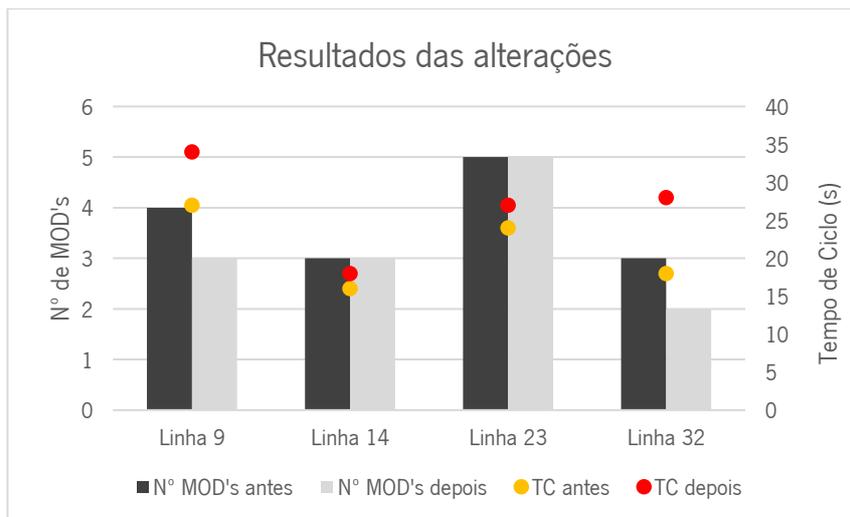


Figura 86 - Resumo das alterações quantificáveis às linhas

Como se pode verificar, das linhas analisadas no gráfico em que foram reduzidos o nº de operários (linha 9 e 32) houve um aumento significativo do tempo de ciclo e conseqüentemente um decréscimo de produtividade. Nas linhas em que se conseguiu manter o nº de operadores, o tempo de ciclo aumentou residualmente devido à distância aumentada entre os postos de trabalho.

Além destas alterações foi implementado um outro tipo de medidas de carácter mais social ou comportamental, individual e coletivo, como a criação de pontos de desinfecção das mãos por toda a fábrica e distanciamento nos espaços comuns (cantina e espaços de lazer); redução da MDO (recorrendo ao *layoff*) e dos turnos de trabalho, entre outros.

Todas estas medidas permitiram manter controlada a pandemia e com isso foi afastada a possibilidade de um fecho da fábrica, durante tempo indeterminado.

8. CONCLUSÕES

Neste capítulo estão apresentadas as conclusões referentes ao projeto realizado e são propostos trabalhos futuros a serem desenvolvidos na organização.

8.1 Considerações finais

Findado o trabalho realizado na *Continental Advanced Antenna*, é possível concluir que os objetivos inicialmente propostos foram alcançados com sucesso.

Numa primeira fase, foi efetuado um diagnóstico fazendo uso de ferramentas Lean como a análise ABC, VSM, WID, estudo de tempos e análise de deslocações.

Analisando os dados obtidos, foi possível identificar os alguns dos problemas presentes no processo produtivo e que resultam em desperdício para a empresa, tendo o projeto como intuito sugerir e implementar melhorias recorrendo a ferramentas *Lean Production*. Neste trabalho, as que mais se evidenciaram foram os 5S, o SMED, os Supermercados e o TPM.

Com a aplicação de SMED na fresagem (organização dos moldes) e no SMT (organização dos stencils) foi possível alcançar uma poupança de 506,00 €/ano e 606,97 €/ano, respetivamente.

No que diz respeito ao redimensionamento de supermercados desenvolvido na área do *Final Assembly*, foi possível um ganho de 3 339,60 €/ano.

A maior fatia dos ganhos obtidos vai claramente para a implementação do TPM nas linhas do FA onde se registou uma poupança de 34 836 €/ano. Este valor contempla apenas 3 linhas de montagem, no entanto esse valor irá naturalmente aumentar quando for aplicado às restantes linhas, prevendo-se um ganho na ordem dos 153 000 €/ano.

As restantes melhorias aplicadas são de implementações inseridas no âmbito da gestão visual, não se tornam tão visíveis a nível monetário, no entanto simplificam a dinâmica produtiva do chão-de-fábrica.

Resumindo todos os resultados, com as ações efetuadas durante o projeto a empresa alcançou um ganho de 39 288,57 €.

Importa ainda referir que devido à dimensão da empresa e à consequente burocracia associada, foram notadas algumas dificuldades nos prazos de implementação, mas nada que compromettesse o trabalho realizado.

A procura pela eliminação de desperdícios deve ser algo contínuo e é neste contexto de busca pela perfeição e melhoria de processos que se insere esta dissertação.

Deve destacar-se que a implementação destas melhorias traduz-se em ganhos imediatos, não sendo necessário investimentos avultados e morosos, indo assim ao encontro da máxima que refere que, muitas das vezes, os grandes ganhos estão nas soluções mais simples.

Em jeito de conclusão, neste projeto foram adquiridos conhecimentos, experiências e lições de extrema importância proporcionando ao autor, não só um crescimento e desenvolvimento profissional, mas também pessoal.

8.2 Trabalho futuro

Relativamente aos trabalhos futuros que devam ser efetuados/continuados no âmbito dos assuntos abordados nesta dissertação, destacam-se a continuação da implementação do TPM em todas as linhas do FA; o contínuo desenvolvimento dos supermercados de acordo com o ritmo de produção e o crescimento da empresa; o aumento do nível de gestão visual no chão-de-fábrica; a aposta no aumento de metodologias *kanban* nas áreas onde isso seja passível de ser implementado e a aposta no SMED, seja fazendo uso da tecnologia atualmente presente na empresa, seja por meio de atualização para linhas de produção mais evoluídas tecnologicamente, nomeadamente na área do SMT.

Finalmente, a título de opinião pessoal do autor, sendo esta empresa uma multinacional muito virada para a vertente tecnológica, é de extrema importância que sejam dados passos em direção ao conceito de indústria 4.0. A dependência de dados em papel ou de procedimentos que dependam inteiramente do ser humano devem ser transformados em processos mais automáticos e dinâmicos.

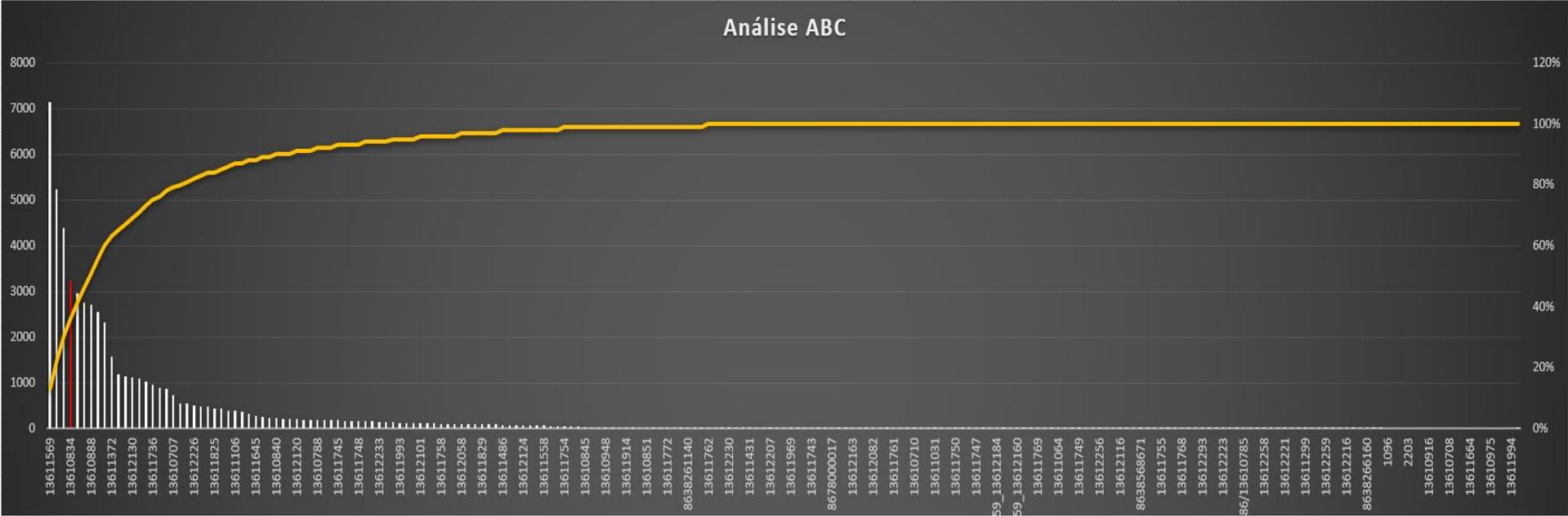
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agung, D., & Hasbullah, H. (2019). *REDUCING THE PRODUCT CHANGEOVER TIME USING SMED & 5S METHODS IN THE INJECTION MOLDING INDUSTRY*. (SINERGI, 23 (3), 199).
<https://doi.org/10.22441/sinergi.2019.3.004>
- Alkhoraif, A., Rashid, H., & McLaughlin, P. (2019). Lean implementation in small and medium enterprises: Literature review. *Operations Research Perspectives*.
<https://doi.org/10.1016/j.orp.2018.100089>
- Arief, R. K., & Nurlaila, Q. (2019). Setup time efficiencies of quick die change system in metal stamping process. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/602/1/012040>
- Bai, C., Satir, A., & Sarkis, J. (2019). Investing in lean manufacturing practices: an environmental and operational perspective. *International Journal of Production Research*.
<https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1498986>
- Baudin, M., & Bard, J. (2006). A Review of: "Lean Logistics: The Nuts and Bolts of Delivering Materials and Goods." *IIE Transactions*. <https://doi.org/10.1080/07408170600684165>
- Chitturi, R. M., Glew, D. J., & Paulls, A. (2007). Value stream mapping in a jobshop. *IET Conference Publications*. <https://doi.org/10.1049/cp:20070020>
- Continental. (2019). *Continental*. Alemanha.
- da Silva, I. B., & Godinho Filho, M. (2019). Single-minute exchange of die (SMED): a state-of-the-art literature review. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*.
<https://doi.org/10.1007/s00170-019-03484-w>
- Dinis-Carvalho, J., Ferrete, L. F., Sousa, R. M., Medeiros, H. S., Magalhães, A. J., & Ferreira, J. P. (2015). Process mapping improvement: Extending value stream maps with waste identification diagrams. *FME Transactions*. <https://doi.org/10.5937/fmet1504287D>
- Emde, S., & Boysen, N. (2012). Optimally locating in-house logistics areas to facilitate JIT-supply of mixed-model assembly lines. *International Journal of Production Economics*.
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2011.07.022>
- Goshime, Y., Kitaw, D., & Jilcha, K. (2019). Lean manufacturing as a vehicle for improving productivity and customer satisfaction: A literature review on metals and engineering industries. *International Journal of Lean Six Sigma*. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-06-2017-0063>
- Hiroiyuki, H. (1990). 5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5S Implementation. In *National Productivity Review (Wiley)*. Portland, Oregon, USA: Productivity Press.

- Lopes, I. (2019). *Slides das Aulas da Unidade Curricular de Ferramentas Avançadas Lean*. Guimarães: Departamento de produção e Sistemas. Universidade do Minho.
- Martins, M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2018). A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining in Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.113>
- Monden, Y. (1983). *Toyota production system: Practical approach to production management*. Atlanta, G.A.
- Monden, Yasuhiro. (2011). *Toyota Production System : An Integrated Approach to Just-In-Time*, 4th Edition [Internet]. In *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*.
- Nazareno, R., Silva, A., & Rentes, A. (2003). Mapeamento Do Fluxo De Valor Para Produtos Com Ampla Gama De Peças. *Enegep*.
- O'Brien, R. (1998). An overview of the methodological approach of action Research. *University of Toronto*. Retrieved from <http://www.web.ca/~robrien/papers/arfinal.html>
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System*. In *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production* (1st ed.). Productivity Press.
- Ortiz, C. A. (2013). Kaizen Assembly: Designing, Constructing, and Managing a Lean Assembly Line. *Journal of Chemical Information and Modeling*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Pinto, J. P. (2014). Introdução ao pensamento lean. In *Pensamento lean - A filosofia das organizações vencedoras* (6th ed.). LIDEL.
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., & Campilho, R. (2017). SMED methodology: The reduction of setup times for Steel Wire-Rope assembly lines in the automotive industry. *Procedia Manufacturing*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.110>
- Rother, M., & Shook, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda* (Lean Enterprise Institute). *Lean Enterprise Institute Brookline*. <https://doi.org/10.1109/6.490058>
- Sá, J., Carvalho, J., & Sousa, R. (2011). Waste Identification Diagrams, A Engenharia como Alavanca para o Desenvolvimento e Sustentabilidade. *6º Congresso Luso-Moçambicano de Engenharia, Maputo, Moçambique*.
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students*. Fifth Edition. In *Pearson Education, UK*.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing: The SMED System*. In *A Revolution in Manufacturing: The SMED System* (1st ed.). Productivity Press.

- Sousa, Rui M.; Dinis-Carvalho, J. (2019). *Slides das Aulas da Unidade Curricular de Ferramentas Avançadas Lean*. Guimarães: Departamento de produção e Sistemas. Universidade do Minho.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1997). Lean thinking—banish waste and create wealth in your corporation. *Journal of the Operational Research Society*. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2600967>
- Womack, James P., Jones, D. T., & Roos, D. (1992). The machine that changed the world. *Business Horizons*. [https://doi.org/10.1016/0007-6813\(92\)90074-J](https://doi.org/10.1016/0007-6813(92)90074-J)

ANEXO I – ANÁLISE ABC DOS PRODUTOS FABRICADOS



ANEXO II – RESUMO DAS TAREFAS DE *CHANGEOVER* DA *PRINTER* NO SMT

Nº	Tarefa	I/E	Tempo inicial	Tempo final
1	Buscar stencil	Externa	36	7
2	Buscar pasta de solda	Externa	10	10
3	Buscar magazine	Externa	60	60
4	Buscar pinos ou placas	Externa	23	23
5	Colocar carro de <i>setup</i> junto à placa	Externa	20	20
6	Carregar magazine	Externa	11	11
7	Mudar <i>loader</i>	Interna	25	25
8	Mudar <i>flip station</i>	Interna	5	5
9	Libertar stencil	Interna	15	15
10	Carregar programa da <i>Printer</i>	Interna	15	15
11	Carregar programa de SPI	Interna	41	41
12	Calçar luvas	Interna	17	17
13	Retirar pasta das lâminas	Interna	4	4
14	Retirar lâminas	Interna	12	12
15	Retirar stencil para o carro	Interna	5	5
16	Limpar os pinos	Interna	32	32
17	Limpar os suportes do stencil	Interna	8	8
18	Verificar pinos	Interna	120	120
19	Instalar lâminas	Interna	10	10
20	Colocar nova pasta de solda	Interna	30	30
21	Instalar novo stencil	Interna	9	9
22	Ajustar stencil	Interna	22	22
23	Fazer transporte da 1a placa	Interna	30	30
24	Confirmar fiduciais	Interna	7	7
25	Fazer 1o print	Interna	30	30
26	Validar primeira placa no SPI	Interna	33	33
27	Preencher <i>checklist</i>	Externa	42	42
28	Calçar luvas	Externa	17	17
29	Tirar excesso de pasta das lâminas	Externa	52	52
30	Limpar lâminas com toalhetes	Externa	108	108
31	Retirar excesso de solda do stencil	Externa	30	30
32	Limpar o stencil	Externa	33	33
33	Transportar o stencil e as lâminas para a área de lavagem	Externa	26	26
34	Colocar stencil e lâminas a lavar	Externa	16	16
35	Preencher registo de lavagem	Externa	12	12

ANEXO III – CÁLCULOS DOS GANHOS COM A IMPLEMENTAÇÃO DO TPM

Linha	Semanas de produção restantes após implementação	Tempo médio de produção por antena (min)	Disponibilidade inicial	Tempo adicional de produção (min/semana) (1)	Aumento de produção de antenas/ano (2)	Lucro por antena produzida na linha (€/ano) (3)	Ganho (€/ano) (4)
34	43	1,27	0,95	127	4 301	3,67	15 805
2	44	1,58	0,95	127	3 548	2,26	8 022
43	43	1,02	0,95	127	5 372	2,05	11 009
TOTAL:							34 846

(1) – Representa a diferença entre o nº de minutos de tempo de abertura da linha com disponibilidade a 95% e com a disponibilidade a 97%.

– Fórmula de cálculo:

$$\begin{aligned}
 & [(T_{abertura\ Turno1} + T_{abertura\ Turno2} + T_{abertura\ Turno3}) \times 5\ dias] \times disp\ inicial + ganho\ disp] \\
 & - [(T_{abertura\ Turno1} + T_{abertura\ Turno2} + T_{abertura\ Turno3}) \times 5\ dias] \times disp\ inicial] = \\
 & = [(470 + 470 + 330) \times 5] \times 0,95 + 0,02] - [(470 + 470 + 330) \times 5] \times 0,95] = 127\ min/semana
 \end{aligned}$$

(2) – Indica a quantidade de antenas adicionais produzidas por ano, com esse ganho de 127 min/semana de tempo de abertura (≈500 min/mês).

– Fórmula de cálculo = $\frac{(1)}{\text{Tempo méd de produção por antena}}$ x semanas restantes.

(3) – Lucro por antena fornecido pela empresa.

(4) – Fórmula de cálculo = (3) x (2).

Todos os cálculos foram realizados em Excel, daí que deve ser considerada uma margem nos arredondamentos finais.

ANEXO IV – RESUMO DAS ALTERAÇÕES QUANTIFICÁVEIS ÀS LINHAS DEVIDO AO COVID-19

	Antes		Depois	
	TC (s)	MDO (pessoas)	TC (s)	MDO (pessoas)
Linha 9	27	4	34	3
Linha 14	16	3	18	3
Linha 23	24	5	27	5
Linha 32	18	3	28	2