



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica



Implementação do *Lean Maintenance* na Indústria Alimentar

BRUNO MIGUEL REVÉS GUERREIRO

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Professor Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais:

Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu
Professor Doutor José Miguel Aragão Celestino Soares

abril de 2021



INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Mecânica



Implementação do *Lean Maintenance* na Indústria Alimentar

BRUNO MIGUEL REVÉS GUERREIRO

(Licenciado em Engenharia Mecânica)

Trabalho Final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre
em Engenharia Mecânica

Orientador:

Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu

Júri:

Presidente: Professor Doutor Silvério João Crespo Marques

Vogais:

Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu
Professor Doutor José Miguel Aragão Celestino Soares

abril de 2021

Agradecimentos

Primeiramente, quero agradecer aos meus pais, irmão e avós por todo o apoio durante o meu percurso académico, pois sem eles certamente não seria possível alcançar este novo objetivo. E ainda, aos restantes familiares e amigos que me motivaram ao longo desta etapa.

De seguida, agradeço ao orientador Professor Doutor António João Pina da Costa Feliciano Abreu pela sua disponibilidade e atenção tal como pelo despertar de interesse pelo conceito *Lean Maintenance*, filosofia base deste documento.

Presto também o meu agradecimento à Engenheira Carmen Gois pelo auxílio na preparação e elaboração do caso de estudo.

Por último mas não menos importante, o meu grande obrigado à empresa MareDeus pela oportunidade de realização do estágio, na qual pude crescer e evoluir com a ajuda de toda a equipa de trabalho.

Resumo

O presente documento tem como foco a apresentação de ferramentas *Lean* e sua implementação na área da manutenção da indústria alimentar, segundo o caso de estudo realizado na empresa MareDeus, responsável pelo processamento e embalamento de bacalhau.

A filosofia *Lean* aplica-se na área da manutenção com o objetivo de introduzir novos métodos de trabalho tais como o planeamento de intervenções, a criação de uma equipa unida e motivada, a eliminação de avarias pela causa-raiz e pelo aumento de disponibilidade dos equipamentos, de forma a aumentar a produtividade da empresa.

Todas as ferramentas implementadas no caso de estudo foram baseadas na filosofia *Lean*, tendo como objetivo a eliminação de desperdícios, criação de valor e uma melhor organização da manutenção.

O modelo de implementação proposto para a fábrica baseou-se em três pilares: análise dos processos realizados pela equipa de manutenção diariamente, identificação de desperdícios e criação de valor. Para cada pilar foram aplicadas ferramentas *Lean*. No caso de estudo apresentado foram utilizadas as ferramentas voz do cliente, SIPOC, matriz de competências, 5W, 5S, análise dos indicadores de desempenho, FMEA e gestão visual.

No fim do estudo, são sugeridos possíveis trabalhos futuros com o propósito de um melhor funcionamento e organização da manutenção.

Palavras-chave: Ferramentas *Lean*; Manutenção; Indústria alimentar.

Abstract

The main focus of this document is the presentation of Lean tools as well the implementation of improvements on the study case, carried out in food industry in the area of maintenance in the company MareDeus, responsible for the processing and packaging of codfish.

Lean's philosophy aims to introduce new work as much as planning the interventions to be carried out, creating a united and motivated team, decrease and increasing the availability of the equipment to increase the company's productivity.

All the tools implemented were based on the Lean philosophy with the purpose to eliminating waste, creating value and improve maintenance's organization.

The model proposed to the factory was based on 3 pillars. The first one is the analyses of the processes carried out by the maintenance team day by day; the second pillar aims to identify waste and the last one is responsible to create value. Each pillar is constituted by *Lean* tools, namely: voice of the customer, SIPOC, matrix of skills, 5W, 5S, analysis of performance indicators, FMEA and also visual management.

At the end of this study, future work is suggested to improve maintenance organization.

Key-words: Lean tools; Maintenance; Food Industry.

Siglas e Abreviaturas

FMEA – *Failture mode and effect analysis* (Modo de falha e análise de efeito)

FMECA - *Failture mode effects and criticality analysis* (Análise de modos, efeitos e criticidade das falhas)

FTA - *Fault Tree Analysis* (Análise de Árvore de Falhas)

HAZOP - *Hazard and Operability* (Perigo e Operacionalidade)

KPI – *Key performance indicator* (Indicadores de Desempenho)

MDT - *Mean Down Time* (Tempo médio de espera)

MRP – *Manufacturing Resources Planning* (Planeamento de recursos de produção)

MTBF – *Mean Time Between Failures* (Tempo Médio Entre Falhas)

MTTR – *Mean Time To Repair* (Tempo Médio Para Reparação)

MWT - *Mean Waiting time* (tempo médio de espera)

NP EN – Norma portuguesa que adota uma norma europeia

NPR - *Number of Priority Risk* (Número de prioridade de Risco)

OEE – *Overall Equipment Effectiveness* (Eficiência Global do Equipamento)

OMF - *Optimizing Maintenance Function* (Otimização da Função de Manutenção)

PCP – Planeamento e controlo da produção

PDCA – *Plan Do Check Act* (Planear, Executar, Verificar, e Atuar)

PHA – *Physical Hazard Analysis* (Análise de Riscos Físicos)

RCM – *Reliability Centered Maintenance* (Manutenção centrada na fiabilidade)

TPM – *Total Productive Maintenance* (Manutenção Produtiva Total)

TPS – *Toyota Production System* (Sistema de Produção da Toyota)

VSM - *Value Stream Mapping* (Mapeamento do Fluxo de Valor)

Índice	
Agradecimentos	I
Resumo	III
Abstract	V
Siglas e Abreviaturas	VII
Índice	IX
Índice de figuras	XI
Índice de tabelas	XV
1 - Introdução	1
1.1 Enquadramento da dissertação	1
1.2 Objetivos da dissertação	1
1.3 Estrutura da dissertação	2
2 <i>Lean</i>	3
2.1 Origem do <i>Lean</i>	3
2.2 Filosofia <i>Lean Thinking</i>	6
2.3 Valor	8
2.4 Desperdício	8
2.5 Ferramentas <i>Lean</i>	10
3 <i>Lean Maintenance</i>	21
3.1 Evolução histórica da manutenção	21
3.2 Manutenção	22
3.3 Objetivos da manutenção	22
3.4 Tipos de Manutenção	24
3.5 <i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	28
3.6 <i>Reliability Centered Maintenance (RCM)</i>	31
3.7 Indicadores de desempenho	32
3.8 <i>Lean Maintenance</i> na indústria alimentar	38

4	Caso de estudo	41
4.1	Proposta do modelo aplicado de <i>Lean Maintenance</i> na MareDeus Portugal ..	41
4.2	Apresentação da empresa.....	43
4.3	Implementação do <i>Lean Maintenance</i> na Maredeus Portugal	46
4.3.1	Organização	46
4.3.2	Planeamento	47
4.3.3	Matriz de competências.....	48
4.3.4	SIPOC.....	50
4.3.5	<i>Voice of Customer</i> (VOC).....	51
4.3.6	Indicadores de desempenho (KPI's).....	52
4.3.7	5W	60
4.3.8	5S.....	61
4.3.9	FMEA.....	68
4.3.10	Gestão visual	73
5	Conclusão.....	75
	Referências Bibliográficas	77

Índice de figuras

Figura 2.1 - Casa do TPS. Fonte: Allred (2018).....	6
Figura 2.2 – Exemplo de VSM. Fonte: Adaptado de Forno et al. (2014).	11
Figura 2.3 – Ferramenta 5S. Fonte: Adaptado de Liker (2004).	13
Figura 2.4 – Exemplo de aplicação de gestão visual na MareDeus. Fonte: Elaboração própria.....	14
Figura 2.5 - Exemplo de um procedimento formal para aplicação dos 5W. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).	15
Figura 2.6 – Diagrama SIPOC. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).	18
Figura 2.7 – Exemplo Matriz de competências. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).	19
Figura 2.8 – Ciclo PDCA. Fonte: Adaptado de Moen & Norman (2006).....	20
Figura 3.1 – Os principais objetivos da função manutenção. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).	23
Figura 3.2 – Custos e tipos de manutenção. Fonte: Adaptado de Gonçalves (2014).	24
Figura 3.3 – Classificação dos diferentes tipos de manutenção. Fonte: Adaptado de NP EN 13306 (2007).	25
Figura 3.4 – Pilares do TPM. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).	30
Figura 3.5 – Indicadores de desempenho da manutenção. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).	33
Figura 4.1 – Imagem representativa do modelo implementado na MareDeus Portugal. Fonte: Elaboração própria.	41
Figura 4.2 – Fluxograma do processo da fábrica. Fonte: Elaboração própria.....	43
Figura 4.3 - Constituição da equipa de manutenção. Fonte: Elaboração própria.....	45
Figura 4.4 – Diagrama SIPOC caso de estudo MareDeus Fonte: Elaboração própria.....	50
Figura 4.5 – Caixa de sugestões aplicada na MareDeus. Fonte: Elaboração própria.....	51
Figura 4.6 – Percentagem do tempo de cada tipo de intervenção da linha 8x1, janeiro 2020. Fonte: Elaboração própria.	53
Figura 4.7 – Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, janeiro 2020. Fonte: Elaboração própria.....	53
Figura 4.8–Percentagem do tempo de cada tipo de intervenção da linha 8x1, fevereiro 2020. Fonte: Elaboração própria.	55
Figura 4.9 - Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, semana 2 de fevereiro 2020. Fonte: Elaboração própria.	55

Figura 4.10 - Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, semana 3 de fevereiro 2020. Fonte: Elaboração própria.	56
Figura 4.11 – Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, semana 4 de fevereiro 2020. Fonte: Elaboração própria.	56
Figura 4.12 - Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, semana 5 de fevereiro 2020. Fonte: Elaboração própria.	57
Figura 4.13 - Percentagem do tempo de cada tipo de intervenção da linha 8x1, março 2020. Fonte: Elaboração própria.	58
Figura 4.14 - Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, semana 3 de março 2020. Fonte: Elaboração própria.	59
Figura 4.15 – Gráfico que representa tempo de espera e tempo de intervenção nos meses estudados. Fonte: Elaboração própria.....	59
Figura 4.16 – Exemplo de aplicação 5W na empresa MareDeus. Fonte: Elaboração própria.	60
Figura 4.17 – Bancada da oficina antes de ser implementado os 5S. Fonte: Elaboração própria.....	61
Figura 4.18 – Arrumação de material pesado da oficina antes do 5S. Fonte: Elaboração própria.....	62
Figura 4.19 – Arrumação de material da oficina antes do 5S. Fonte: Elaboração própria. .	62
Figura 4.20 – Identificação da peça em stock. Fonte: Elaboração própria.....	63
Figura 4.21- Identificação do número da prateleira. Fonte: Elaboração própria.....	63
Figura 4.22 - Identificação de cada caixa. Fonte: Elaboração própria.	64
Figura 4.23 – Identificação de equipamentos de grandes dimensões. Fonte: Elaboração própria.....	64
Figura 4.24 – Etiqueta verde de identificação de equipamentos. Fonte: Elaboração própria.	65
Figura 4.25 – Etiqueta branca de identificação de equipamentos. Fonte: Elaboração própria.....	65
Figura 4.26 – Etiqueta vermelha de identificação de equipamentos. Fonte: Elaboração própria.....	66
Figura 4.27 – Etiqueta azul de identificação de óleos. Fonte: Elaboração própria.	66
Figura 4.28 – Lubrificantes Food Grade e utilização normal. Fonte: Elaboração própria. .	67
Figura 4.29 – Estantes do armazém com a implementação da ferramenta 5S. Fonte: Elaboração própria.....	67

Figura 4.30 – Gráfico de tempos de paragem linha 8x1 dia 23/04/2020. Fonte: Elaboração própria.....	69
Figura 4.31 – Gráfico de tempos de paragem da linha 8x1 dia 24/04/2020. Fonte: Elaboração própria.....	70
Figura 4.32 – Ordem de intervenção de cada componente de acordo com o NPR. Fonte: Elaboração própria.....	71
Figura 4.33 – Informação de acessos, utilidades e linhas sinalizadoras. Fonte: Elaboração própria.....	73

Índice de tabelas

Tabela 3.1- Princípios <i>Lean</i> aplicados à gestão da manutenção. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).	38
Tabela 4.1 – Exemplo da tabela realizada no caso de estudo para levantamento de equipamentos. Fonte: Elaboração própria.	47
Tabela 4.2 – Exemplo de tabela com lista de manutenções preventivas a efetuar nos equipamentos. Fonte: Elaboração própria.	48
Tabela 4.3 - Matriz de competências dos recursos humanos da manutenção da MareDeus Portugal. Fonte: Elaboração própria.	49
Tabela 4.4 – Exemplo de caso de sugestão que ocorreu na MareDeus Portugal. Fonte: Elaboração própria.....	51
Tabela 4.5 - Lista de intervenções e de tempos da linha 8x1, janeiro 2020. Fonte: elaboração própria.....	52
Tabela 4.6 - Lista de intervenções e de tempos da linha 8x1, fevereiro 2020. Fonte: Elaboração própria.....	54
Tabela 4.7 - Lista de intervenções e de tempos da linha 8x1, março 2020. Fonte: Elaboração própria.....	58
Tabela 4.8 – Tempos totais de cada mês. Fonte: Elaboração própria.	59
Tabela 4.9 – Cálculo do NPR. Fonte: Elaboração própria.	71

1 - Introdução

1.1 Enquadramento da dissertação

A presente dissertação foi elaborada no âmbito do mestrado em Engenharia Mecânica, ramo de Manutenção e Produção, no Instituto Superior de Engenharia de Lisboa (ISEL). O caso de estudo foi realizado em ambiente industrial, na empresa MareDeus Portugal, responsável pelo processamento e embalamento de bacalhau.

O crescimento da competição industrial, aliado ao avanço tecnológico, provoca uma necessidade constante de criação de novas formas de estruturação e planeamento na área da manutenção. Para um melhor funcionamento da empresa, os departamentos devem apostar na interação e interligação das atividades laborais.

Atualmente, uma empresa para ser competitiva procura uma gestão cada vez mais eficiente, com base na criação de valor e na eliminação de desperdícios. O nome dado a esta filosofia é chamado de *Lean*, baseada no sistema Toyota, fundamentada por ideias propostas por Taiichi Ohno (Liker, 2004).

A filosofia *Lean* atualmente é aplicada em variados tipos de organizações e departamentos, que se comprometem com a melhoria contínua e a satisfação do cliente, com o propósito de procurar a perfeição, em que os principais objetivos são a redução de tempos e custos proporcionando serviços de qualidade ao cliente (Baluch, Abdullah, & Mohtar, 2012).

O conceito *Lean* foi inicialmente aplicado na Produção com posterior aplicação na área dos Serviços.

A manutenção *Lean* consiste na aplicação de princípios *Lean* no campo da Manutenção, cujo sucesso assenta na eficiência das novas metodologias para a eliminação de perdas não evidentes aquando da redução de custos, de modo a obter maior qualidade, lucro e produtividade na empresa (Jahanbakhsh, Moghaddam, & Samaie, 2013).

1.2 Objetivos da dissertação

Com a realização da dissertação tem-se como objetivo a aplicação de ferramentas *Lean Maintenance* na indústria alimentar com o intuito principal de potenciar a eficiência das ações desenvolvidas pela equipa de gestão e pela equipa técnica de manutenção, segundo a aplicação de ferramentas *Lean*, com o intuito de promover a eliminação de desperdícios e criação de valor, na indústria alimentar.

1.3 Estrutura da dissertação

A presente dissertação é dividida em 5 capítulos.

No primeiro capítulo tem-se a introdução na qual se apresenta um breve enquadramento do tema, os objetivos do trabalho, os pilares fundamentais do modelo e estrutura da dissertação.

No segundo capítulo é apresentado os resultados da pesquisa efetuada sobre o enquadramento teórico dos conceitos *Lean*, desde a sua origem e filosofia até às ferramentas a utilizar na sua aplicação.

O terceiro capítulo é baseado nos conceitos de manutenção, objetivos e nos vários tipos de manutenção assim como da interligação das ferramentas *Lean* à manutenção.

No quarto capítulo é apresentada a metodologia aplicada na empresa e o caso de estudo realizado, que inclui as ferramentas *Lean* aplicadas bem como os resultados obtidos com a sua implementação. Neste capítulo encontra-se também a caracterização da empresa, das equipas de trabalho e respetivos cuidados da indústria alimentar.

O quinto capítulo expõe as conclusões retiradas através da implementação da metodologia *Lean* na empresa MareDeus (indústria alimentar) e a adição de propostas para melhorias futuras na empresa.

2 *Lean*

2.1 *Origem do Lean*

Henry Ford foi a primeira pessoa a implementar um processo de produção completo. Em 1913 dedicou-se de forma sólida ao fabrico de peças permutáveis, trabalho padrão e linha de montagem em movimento para criar a produção de fluxo.

Ford alinhou as etapas de fabrico na sequência do processo, sempre que possível, usando máquinas específicas no fabrico e montagem do veículo em pouco tempo e fornecer componentes indicados diretamente ao lado da linha.

Esta metodologia veio criar uma revolução das práticas utilizadas na indústria americana, uma vez que eram usadas máquinas de uso geral agrupadas por processo, que produziam peças que ao chegarem ao produto final tinham de ser ajustadas na montagem.

O sistema Ford tinha como problema a incapacidade de fornecer variedade aos seus clientes. O modelo T era limitado a uma só cor, como também a uma só especificação, de modo que os chassis eram todos idênticos até ao final da produção em 1926. Por esta razão, quando o cliente exigia variedade a Ford não era capaz de responder a este pedido, ao contrário de outras marcas que conseguiam produzir diversos modelos com diversas opções. Por outro lado, estas outras empresas apresentavam regressão nos sistemas de produção nas etapas de projeto e fabrico o que prolongava os tempos de processo. Com o passar do tempo as fábricas foram adquirindo máquinas cada vez maiores e mais rápidas, com função de reduzir os custos de cada etapa do processo, mas que na verdade aumentavam o tempo, *stocks*, intervalos de tempo entre etapas do processo e as rotas complexas de peças que precisavam de sistemas de gestão cada vez mais sofisticadas, que contribuíam para a criação de desperdícios enumerados por Ohno (1988), sendo:

- Sobreprodução – Acontece quando há excesso de produção que pode aumentar os custos de stock.
- Movimentação – Refere-se a movimentos desnecessários realizados pelos operadores. Este tipo de movimentos pode ser resultado de layouts mal estruturados.
- Transportes – Abrange todas as movimentações para transportar matéria-prima, e produtos. O número elevado de transportes significa que poderá existir desperdícios de tempo e recursos.

- Esperas – Denomina-se pelo período em que os recursos estão parados, o que pode ser resultado da falta de matéria prima, avarias nas máquinas, ou mesmo pelo processo que a máquina está a executar, e o operador está à espera que esta termine.
- Sobre processamento – É designado por operações extras que não adicionam valor ao produto final.
- Inventários – Refere-se aos inventários da matéria-prima, produto acabado e em processo. Elevados inventários exigem áreas de armazenamento maiores, o que leva a um maior investimento para os manter.
- Defeitos – É definido por defeito os produtos que não estão de acordo com os requisitos do cliente ou com os parâmetros definidos para a sua construção.

Segundo Henry Ford quanto mais extenso o processo de fabrico maior será o custo final.

A Toyota concluiu que ao dimensionar corretamente as máquinas para o volume de produção necessário, introduzir máquinas automáticas de monitorização para garantir a qualidade, alinhar máquinas na sequência do processo, criar configurações rápidas para que cada máquina fabricasse pequenos volumes com muitos lotes e cada passo do processo notificar o processo anterior das suas necessidades atuais de materiais, seria possível obter baixo custo, muita variedade, alta qualidade e tempos de processamento mais rápidos para satisfazer as necessidades do cliente e ainda conseguir transformar a gestão de informação mais simples e precisa (Womack, Jones, & Roos, 1990).

O *Lean* teve origem no Japão na Toyota nos anos de 1940, após a Segunda Guerra Mundial quando os japoneses concluíram que não podiam suportar o investimento necessário para construir instalações semelhantes às existentes nos EUA (Pavnaskar, Gershenson, & Jambekar, 2003).

O sistema de produção da Toyota denominado por TPS (*Toyota production system*), concebido por Taiichi Ohno (1912-1990), engenheiro mecânico e vice-presidente da *Toyota motor corporation* (Smith & Hawkins, 2004), foi estruturado com o propósito de produzir em contínuo e que não fosse necessários períodos longos para ser eficiente; em oposição ao ocidente, em que a produção consistia fabricar um grande número de produtos padronizados, e com trocas mínimas de produto com base em sistemas informáticos complexos (Melton, 2005). O TPS foi desenvolvido mediante a observação e aprendizagem dos costumes da indústria automóvel americana, sendo adequado às exigências da indústria japonesa e baseado nos seguintes tópicos (Smith & Hawkins, 2004):

- *Just in Time* (JIT)
- Normalização do trabalho
- Eliminação de desperdícios
- Qualidade, e eficiência

O sistema de produção Toyota, ou TPS, é um sistema de produção que foi desenvolvido pela Toyota *Motor corporation* para a produção de veículos, mas que devido aos seus princípios e atividades consegue ser aplicado a diversos setores. É um sistema de produção bem-sucedido na indústria que tem como foco a redução e eliminação de desperdícios ao mesmo tempo que produz produtos de qualidade para os consumidores.

Ao analisar o TPS e os seus recursos, pode-se pensar no sistema como uma casa. A “casa” do sistema de produção Toyota, figura 2.1, é construída sobre uma base forte e estável, tem dois pilares principais também considerados a sustentação do *Lean Manufacturing*, transformando conceitos em prática, e com o objetivo geral do TPS como topo da casa.

O primeiro pilar principal do TPS tem como conceito o método de fabrico *just-in-time* que evidencia três práticas principais:

- *Just-in-time* – A ideia da produção JIT é implementar um método de produção que contribua para a minimização de desperdícios e que os trabalhadores possam operar de uma forma eficiente.
- *Pull system* – Sistema que em geral utiliza um método *Kanban* para notificar quando uma ação deve acontecer. A implementação de um sistema *Kanban*, determina que certos processos e etapas no processo de fabrico só iniciem quando o trabalhador receba um sinal específico o que permite reduzir o excesso de produção, eliminar stock desnecessário e a redução de gargalos no processo.
- O *Takt time*, é um tipo de estratégia utilizada no fabrico *just-in-time*, que garante que a taxa de fabrico entre etapas é igual. A equação usada para calcular o *Takt time* é $T = T_a/D$. Na equação o T representa o *Takt time*, T_a representa o tempo total de produção disponível e o D representa a taxa de procura do cliente. O *Takt time* calculado na equação anterior é o tempo necessário para responder à procura do cliente.

O segundo pilar é denominado como *Jidoka*. Este processo refere-se a alertar os trabalhadores através de máquinas ou equipamentos da existência de um problema com o processo, para que se evitem desperdícios. Um princípio fundamental é a ideia que no caso

de uma anomalia ocorrida, a máquina ou equipamento notifique o trabalhador do que está errado para que possa ser corrigido no imediato.

Os pilares do sistema de produção Toyota são construídos sobre uma base estável e de trabalho padronizado. O objetivo da utilização das estratégias da Toyota é criar produtos de alta qualidade, menor custo para o fabricante com o menor prazo de entrega (Allred, 2018).



Figura 2.1 - Casa do TPS. Fonte: Allred (2018).

O termo *Lean* e o método *Lean Manufacturing* foi abordado e estudado inicialmente em 1990, por James Womack, Daniel Roos e Daniel Jones no livro “*The Machine That Changed the World*”. O conteúdo deste livro aborda a produção e também refere como uma empresa trabalha para satisfazer o cliente, conseguindo analogamente eliminar desperdícios na cadeia de valor e melhorar de forma contínua os processos (Liker & Morgan, 2006).

2.2 Filosofia *Lean Thinking*

A filosofia *Lean* tem como principal objetivo ir ao encontro das expectativas do cliente, com a criação de valor para todas as partes interessadas no decorrer da contínua redução e eliminação dos desperdícios com menos recursos (Womack & Jones, 2003).

O pensamento *Lean* tem como primeiro passo a identificação de etapas que acrescentam valor e das que não acrescentam valor no processo. Este passo permite a simplificação do

processo, o aumento da sua fiabilidade, a eliminação de etapas desnecessárias e a sua reordenação (Al-Araidah, Mommani, Khasawneh, & Momani, 2010).

Para Smith e Hawkins, (2004) o conceito *Lean* apresenta-se como a eliminação de desperdícios durante o processo de produção, sem colocar em causa a qualidade do produto final.

A aplicação do *Lean* pretende reduzir os desperdícios, *stocks*, tempo de entrega, com o propósito de melhorar a resposta ao cliente e simultaneamente originar produtos de qualidade a partir de processos mais eficientes e económicos. O *Lean* tem benefícios evidentes nas empresas onde é aplicado que relatam melhorias na qualidade do produto, na redução do tempo de ciclo, no prazo de entregas, no aumento do lucro líquido, na redução de custos, na melhor utilização da mão-de-obra, na redução de *stocks* tal como no aumento de produção, flexibilidade e utilização do espaço. Permite ainda diminuição do investimento em ferramentas, maior foco no trabalho e melhor aperfeiçoamento de habilidades. O *Lean* resulta da combinação das melhores características da produção em massa como da produção artesanal (Pavnaskar *et al.*, 2003).

O *Lean* analisa as atividades mais simples detalhadamente e procura identificar o que é o valor a partir da visão do cliente, e eliminar o que não acrescenta valor (Azevedo, 2011).

A denominação *Lean thinking* (Pensamento magro), como definição de liderança e gestão empresarial, foi utilizada por James Womack e Daniel Jones pela primeira vez em 1996, no livro “*Lean thinking*” que compara a filosofia *Lean* com a produção tradicional.

O pensamento *Lean* obteve enorme reputação mundial, sendo aplicada nas diversas áreas económicas. A validade dos conceitos e das soluções *Lean* é comprovada pelo sucesso alcançado de empresas como a *Toyota Motors Corporation*, que em 2007, alcançou o patamar de topo da indústria automóvel. Existem outras empresas em diferentes indústrias, que apresentam ganhos relevantes com a implementação dos princípios *Lean*.

Desde o seu início, até à atualidade, o *Lean thinking* sofreu evoluções, devido aos seus antecessores e às empresas que lhes serviram de referências, como também graças à colaboração e à experiência de entidades, que contribuem para o crescimento da filosofia, melhorando-a e instituindo-a em diferentes áreas de atividade (Pinto, 2014).

Os princípios fundamentais do *Lean* sintetizam-se, na identificação de valor por parte do cliente, na criação de fluxo de valor com o intuito de alinhar os processos para facilitar o

caminho crítico, o puxar de valor por parte do cliente, e o desenvolvimento e alteração de processos constantes em busca da perfeição (Parry & Turner, 2006). O conteúdo *Lean* resulta do “valor” que pode ser apenas atribuído pelo cliente. Por isso as ferramentas *Lean* concentram-se principalmente em explorar e eliminar os desperdícios (Tyagi, Cai, Yang, & Chambers, 2015).

2.3 Valor

A filosofia *Lean* tem como um dos seus princípios a criação de valor. Segundo Pinto (2014), valor não é só o dinheiro que recebido em retribuição de algo, pois valor pode ser representado por serviços e produtos gratuitos. Valor é tudo o que fundamenta a atenção, o tempo e o empenho que dedicamos a alguma coisa. Qualquer organização pretende a criação de valor, o qual justifica a sua existência. O valor criado pelas empresas deve de ir ao encontro de todos os seus interessados desde o cliente que procura que o produto responda às suas expectativas, os colaboradores que pretendem ter condições de trabalho satisfatórias, assim como acionistas que esperam ser recompensados pelo capital investido, e os fornecedores e a sociedade em geral que esperam receber algo para que continuem a apoiar o desenvolvimento da organização. O valor produzido pela organização é resultado da satisfação de todos e da procura de todas as formas para a eliminação de desperdícios.

2.4 Desperdício

O desperdício é uma preocupação contínua que o *Lean* procura identificar e sucessivamente eliminar.

Desperdício refere-se a todas as ações que são realizadas e não acrescentam valor, ou seja, consomem mais tempo, recursos, e que fazem com que os produtos ou serviços existentes no comércio tenham um preço mais elevado do que deveriam. A identificação destes desperdícios e a sua eliminação permite entregar o mesmo valor ao cliente por um preço mais baixo ou pelo mesmo preço oferecer um valor superior ao cliente (Pinto, 2014).

As classes de desperdícios mais conhecidas no desenvolvimento da TPS foram identificadas por Shingo (1981) e Ohno (1988), que são as seguintes:

- Excesso de produção – Consiste em fazer o que não é preciso, quando não é necessário, em quantidades desnecessárias, ultrapassando as quantidades encomendadas. Estas quantidades contribuem para outro tipo de desperdícios como: recursos utilizados sem necessidade, consumos de energia e de materiais que não

apresentam retorno financeiro para a empresa, aumento de produtos armazenados e ausência de flexibilidade no planejamento. Algumas das causas mais comuns que contribuem para este tipo de desperdício são os grandes lotes de produção, a produção antecipada, a criação de *stocks* para compensar eventuais defeitos e imprevistos, a procura da rentabilização de esforços praticados em atividades que não acrescentam valor, e o efeito chicote causado pela variação da procura do cliente final, que provoca grandes variações de consumo nas empresas mais afastadas de si. Para evitar a produção em excesso devem ser implementados métodos de produção magra, como mudança rápida de ferramentas, trabalhar com lotes reduzidos, flexibilidade de produção, usar o JIT, fluxo contínuo, posto de trabalho compensados e uniformização e programação do trabalho na cadeia de valor.

- Tempos de espera – Corresponde aos períodos que as pessoas ou equipamentos não realizam as ações pretendidas por estarem à espera de algo. As causas mais comuns são obstrução de fluxo, o não balanceamento ou sincronização da oferta com a procura, grandes lotes de produção, problemas de *layout* e perturbações nas entregas dos fornecedores
- Transporte e movimentações – Transporte é o nome dado à movimentação de produtos ou equipamentos de um lado para outro por algum motivo. Os sistemas de transporte aumentam os custos e tempo de fabrico, ocupam espaço na fábrica e podem levar à danificação dos produtos com as movimentações. Não se procura eliminar as movimentações de materiais, mas sim reduzir distâncias, que acaba por reduzir ou eliminar os *stocks*. A redução de transportes e movimentações pode acontecer com a correção de *layouts*, sistemas de transporte mais flexíveis e modificação do planejamento de operações.
- Desperdício característico do processo – A ocorrência de desperdícios do processo acontece como consequência da realização de ações e processos que não são precisos. O aumento de defeitos pode ocorrer devido a processos ou operações incorretas, falta de treino e/ou uniformização. As perdas ocorrem em todos os processos e deve-se ter como objetivo a sua extinção, com a procura de processos mais eficientes, colaboradores qualificados e automatização de processos.
- *Stocks* – Indicam o armazenamento de materiais num período de tempo, no interior ou exterior da fábrica. Os desperdícios podem ser encontrados através da tendência para haver *stocks* em determinados pontos. As causas mais comuns é o *layout*

inadequado dos equipamentos, tempos de troca de ferramentas elevados, estrangulamento nos processos, antecipação da produção, aceitação da sua existência como parte do ativo da organização, processos com velocidades diferentes, adversidades na qualidade.

- Defeitos – ocorrem quando existem problemas na qualidade, não satisfazendo os requisitos necessários para aprovação. A existência de defeitos faz com que existam reclamações por parte dos clientes. Quando a frequência de defeitos aumenta, o número de inspeções para que os defeitos não passem para o cliente deve aumentar, assim como o *stock* para colmatar a ausência das peças com defeito. Como consequência existe um aumento dos custos dos serviços e produtos e uma diminuição da produtividade.
- Trabalho desnecessário – Corresponde ao movimento desempenhado que não é preciso para a realização de operações.

2.5 Ferramentas *Lean*

É a partir da utilização das ferramentas *Lean* que são implementados os princípios do pensamento *Lean* nas organizações, que tem como objetivo a eliminação dos desperdícios e a criação de valor. A implementação integral e de forma adequada, permite melhorar o desempenho do sistema.

A filosofia *Lean* é adotada nas organizações através da utilização de um conjunto de técnicas e ferramentas *Lean*. É uma filosofia muito abrangente e que não corresponde apenas à utilização de ferramentas de uma forma isolada, mesmo que os resultados sejam obtidos numa fase inicial após a sua aplicação, é necessário que os métodos utilizados estejam bem consolidados na cultura das organizações. A implementação da filosofia *Lean* de forma sustentável e permanente depende muito da escolha adequada das ferramentas.

No presente trabalho de investigação da lista de ferramentas e soluções *Lean* que podem ser aplicadas em empresas, apenas foram selecionadas as que foram aplicadas no caso de estudo.

Value Stream Mapping (VSM)

A gestão eficaz do fluxo de produtos e serviços que através de várias atividades acrescenta valor ao cliente é conhecido como fluxo de valor. O VSM é uma ferramenta que representa todo o fluxo de valor (desde a entrada do pedido de compra do cliente, fabrico e envio do produto acabado) de uma instalação a partir de uma ilustração visual que serve de apoio à implementação da filosofia *Lean* (Grewal, 2008). O VSM tem como objetivo final a

identificação e eliminação de todos os tipos de resíduos do fluxo de valor, sendo utilizado como base para fazer as mudanças necessárias no processo. O VSM é uma ferramenta de lápis e papel, que é criada usando um conjunto pré-definido de ícones padronizados, em que inicialmente é escolhido um ou vários produtos alvos de melhorias, posteriormente é desenhado um mapa do estado atual, enquanto se analisa o sistema para identificar suas fraquezas e por fim a última etapa consiste na realização de um mapa do estado futuro, em que todas as ineficiências foram eliminadas. Para a obtenção de um mapa do estado futuro são realizadas perguntas sobre questões relacionadas com a eficiência e a implementação técnica relacionada com o uso de ferramentas *Lean* (Abdulmalek & Rajgopal, 2007).

Para o desenvolvimento do VSM é necessário ter noção dos conceitos básicos e da criação de processos que possam estar ligados. A sua realização deve ser composta por alguém que já tenha feito o fluxo do processo da instalação, evitando horas que podiam ser desperdiçadas no desenvolvimento de caminhos errados. Na figura 2.2 está representado um exemplo de VSM (Forno, Pereira, Forcellini, & Kipper, 2014).

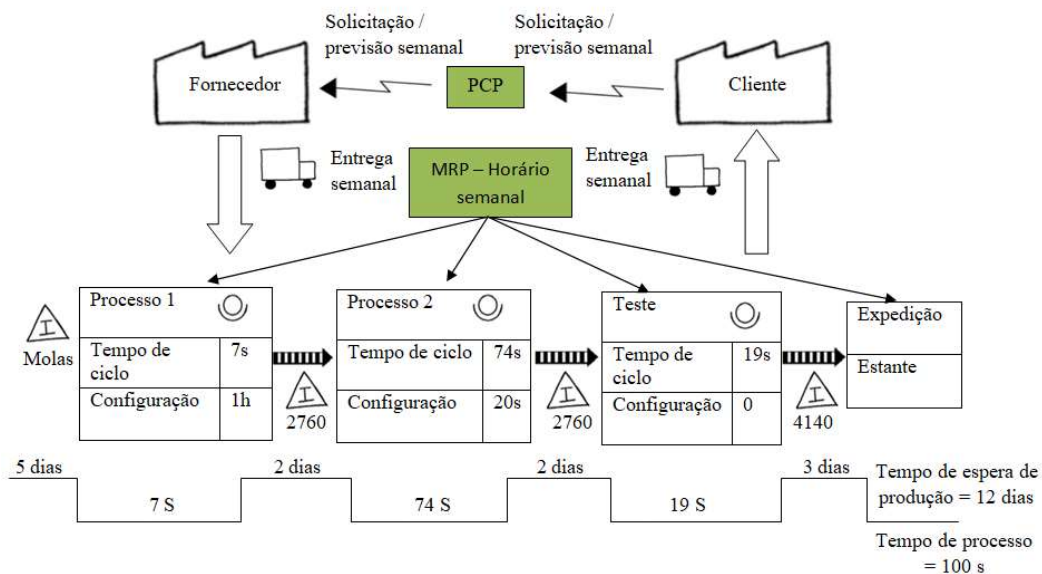


Figura 2.2 – Exemplo de VSM. Fonte: Adaptado de Forno et al. (2014).

5 S

A metodologia 5S foi desenvolvida pelos japoneses após a Segunda Guerra Mundial, e é uma das mais importantes de melhoria contínua, esta ferramenta é na maioria das vezes a primeira a ser implementada nas organizações para simplificar a aplicação de outros métodos *Lean* (Veres, Marian, Moica, & Al-Akel, 2018).

De acordo com Omogbai (2017) os 5S aborda um conjunto de práticas que procura a redução dos tempos em que não é adicionado valor, o aumento da produtividade e o aumento da qualidade. Para Pinto (2014) refere-se a um conjunto de práticas que procuram a redução do desperdício e a melhoria do desempenho das pessoas e processos através de uma abordagem muito simples que assenta nas condições ótimas dos locais de trabalho. Estas práticas mantêm a ordem, organização e são fundamentais para eficiência e otimização das atividades realizadas. A denominação 5S teve origem em cinco palavras que, em japonês são começadas pela letra “S”, sendo elas e os respetivos conceitos descritos por Pinto (2014), os seguintes:

- *Seiri* (organização) – Consiste na separação do útil do inútil, assim como da identificação de coisas dispensáveis no posto de trabalho.
- *Seiton* (arrumação) – Definir localizações para cada coisa, verificar se tudo se encontra nos lugares correspondentes e organizar de modo a que as coisas de uso mais frequente estejam mais acessíveis para utilização.
- *Seiso* (limpeza) – Limpeza do posto de trabalho, assim como da área circundante; estabelecer uma norma de Limpeza para essa zona do posto de trabalho; dividir o posto de trabalho e conceder uma zona a cada elemento do grupo.
- *Seiketsu* (normalização) – Normalizar em toda a manutenção os equipamentos/postos de trabalho do mesmo género. Determinar uma norma geral de limpeza e arrumação para o posto de trabalho, identificar as ajudas visuais e procedimentos, normas de arrumação e limpeza que resultem/functionem.
- *Shitsuke* (autodisciplina) – Tem como objetivos: realizar os conceitos de organização, sistematização e limpeza; fazer sempre bem à primeira; determinar procedimentos de controlo visual. Verificar se está tudo no lugar correto e estado de limpeza; verificar se as ações e inspeções estão a ser realizadas corretamente; criar listas de verificação (*checklists*) e de ajudas visuais.



Figura 2.3 – Ferramenta 5S. Fonte: Adaptado de Liker (2004).

Segundo Pinto (2014) existe cada vez um número maior de empresas que acrescenta um sexto S à lista anterior, que se trata da segurança (*safety*), o qual não se pode desagregar dos anteriores e de qualquer atividade realizada. Este sexto S inclui a ergonomia dos trabalhadores e sua segurança, a proteção de segurança nos equipamentos, a formação dos trabalhadores para se ocorrerem situações de emergência.

Gestão visual

A gestão visual tem como objetivo fornecer informações em formato visual de forma simples e fidedigna possibilitando que a partilha de informação se torne simples e contribua para a qualidade dos serviços/produtos em atividades simples diárias, na oficina, armazém, instruções de manutenção entre outras (Silva, 2014).

Segundo Steenkamp, Hagedorn-Hansen, e Oosthuizen (2017), a gestão visual tem como objetivo aumentar o desempenho de uma organização através de estímulos visuais. Estes estímulos visuais comunicam rapidamente informações importantes da organização, relevantes e fáceis de entender.

As ferramentas de gestão visual fazem parte da representação da informação industrial, e na maioria das vezes são utilizadas para mostrar cronogramas, layouts do projeto, classificação de prioridades e trabalhos a realizar.



Figura 2.4 – Exemplo de aplicação de gestão visual na MareDeus. Fonte: Elaboração própria.

A gestão visual permite compreender o processo mesmo para quem não está familiarizado e compreender o que está ou não sob controlo, ajudando a compreender e indicar prioridades, mostrar objetivos a alcançar, identificar fluxos de trabalho e tarefas realizadas, identificar situações irregulares e dar feedback em tempo real a quem está envolvido no processo. Alguns dos benefícios desta ferramenta é a eliminação de desperdícios, motivação e maior envolvimento dos colaboradores, maior rapidez na decisão, aumento da satisfação do cliente e maior produtividade (Fraga, 2014).

Exemplos de casos de gestão visual segundo Fraga (2014) são:

- Imagens sombra de onde arrumar os objetos
- Marcação de áreas
- Indicadores visuais do processo
- Quadros de formação
- Sinais
- Gráficos

5W

A ferramenta 5W que resulta dos *5 Whys* (5 porquês) é uma ferramenta de melhoria contínua que tem como objetivo identificar de uma forma simples a causa-raiz da falha ocorrida, para aplicar medidas corretivas que eliminem o problema em definitivo. Para chegar à causa-raiz deste problema, deve se perguntar “Porque ocorreu o problema?” Depois de chegar a uma explicação, deve perguntar novamente, repetindo pelo menos 5 vezes, em que a resposta ao último porquê deve transmitir uma visão da causa que deu origem ao problema (Tsao, Tommelein, Swanlund, & Howell, 2000).

A primeira questão deve ser mais geral em torno do problema detetado e deve definir o objetivo a alcançar, enquanto as restantes perguntas devem ser cada vez mais objetivas até ser descoberta na última pergunta a principal causa do problema (Abreu, Calado, & Requeijo, 2016).

A aplicação dos 5W pretende chegar à origem da avaria, apesar de em casos de emergência nem sempre existir tempo para a sua aplicação, não significa que não seja aplicada posteriormente à resolução. A sua utilização deve ser através de um procedimento formal como por exemplo o que está representado na figura 2.5 (Pinto,2013).

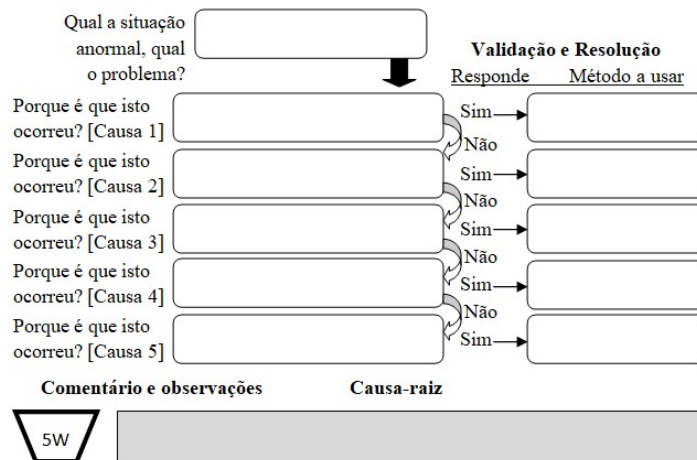


Figura 2.5 - Exemplo de um procedimento formal para aplicação dos 5W. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

A análise do modo e efeitos de falhas (FMEA) permite uma análise de forma sistemática de cada elemento de um sistema. É uma ferramenta que permite a identificação de falhas e a sua eliminação antes da chegada ao cliente final. A FMEA tem ainda a capacidade de avaliar a criticidade dos modos de falha identificados, indicando previsões de fiabilidade e determinar ações corretivas para melhorar a qualidade e fiabilidade do produto ou processo (Pedrosa, 2014).

A FMEA consiste em identificar possíveis falhas em projetos ou processos, para indicar ações que tendam a reduzir ou eliminar o risco de cada falha antes de chegarem às mãos dos clientes. A FMEA avalia a severidade de cada falha a respeito do impacto causado aos clientes, a probabilidade da sua ocorrência e a deteção antes de chegar à mão do cliente final. A severidade, ocorrência e deteção são os elementos base, da metodologia FMEA que elege quais os modos de falha que vão provocar maiores riscos ao cliente e que, portanto, merecem atenção. Para determinar o risco associado a cada modo de falha, é multiplicada a pontuação da severidade (S) pela ocorrência (O) e pela deteção (D). Quanto maior for o valor da multiplicação destes elementos maior é o risco associado.

As etapas para a execução da FMEA são (Fernandes & Rebelato, 2006):

- Identificar modos de falha conhecidos e potenciais;
- Identificar os efeitos de cada modo de falha e a sua severidade
- Identificar as causas possíveis para cada modo de falha e a sua probabilidade de ocorrência;
- Identificar os meios de deteção do modo de falha e sua probabilidade de deteção;
- Avaliar o potencial risco de cada modo de falha e definir medidas para a sua eliminação ou redução

A FMEA é uma metodologia específica para avaliar um sistema, processo, projeto ou serviço onde podem ocorrer diversos tipos de falhas. Para cada uma das falhas identificadas, é feita uma estimativa da sua deteção, ocorrência e gravidade. Nesse ponto, é feita uma avaliação de se é necessário realizar uma ação ou planear. O objetivo é minimizar a probabilidade de falha ou minimizar o seu efeito. Esta abordagem simples mas direta pode ser quantitativa ou qualitativa. Seja qual for o caso, o foco está no risco que se está disposto a correr (Stamatis, 2003).

A complicação da abordagem depende sempre da complexidade do problema, conforme definido pelo seguinte (Juran & Gryna, 1980):

- Segurança
- Efeitos do tempo de inatividade
- Planeamento da reparação
- Acessos

Para levar esta metodologia a uma conclusão apropriada devem ser compreendidos e seguidos quatro pré-requisitos (Stamatis, 2003):

1. Todos os problemas são diferentes. Cada qual com uma importância distinta. Este é talvez o conceito fundamental em toda a metodologia FMEA, que ajudará a identificar qual a prioridade dos trabalhadores em caso de existência de problemas.
2. O cliente deve ser conhecido. Antes de assumir a responsabilidade de conduzir um FMEA, é imperativo que o cliente seja definido. É comum o cliente ser definido como o utilizador final, mas também pode ser visto como uma operação a jusante ou posterior, bem como uma operação de serviço. Em alguns casos o cliente pode ser a própria operação. É importante a definição do termo cliente a partir de uma interpretação FMEA, na abordagem dos problemas e em suas soluções.
3. A função deve ser conhecida. É imperativo que a função, propósito e objetivo do que deve ser realizado sejam conhecidos. Caso contrário, o resultado é uma perda de tempo e o esforço concentra-se em redefinir o problema com base nas situações. Se necessário, o tempo extra deve ser usado para garantir que todos os envolvidos compreendam a função, propósito e objetivo do que deve ser realizado.
4. A metodologia deve estar orientada para a prevenção. A menos que a melhoria contínua seja a força que impulsiona a FMEA, os esforços para seguir uma FMEA serão estáticos. A FMEA será realizada apenas para satisfazer os clientes e / ou requisitos do mercado estipulados.

Segundo Nicolau (2015) o método da FMEA é composto por 3 etapas:

- Documentar a técnica de análise;
- Reconhecer e avaliar os efeitos e falhas possíveis de um serviço ou produto;
- Identificar atividades que são capazes de reduzir ou eliminar o possível modo de falha.

	Aptidão em sistemas de frio	Aptidão em electricidade	Aptidão em mecânica	Aptidão em Soldadura	Aptidão em automação	Observações e planos de ações
Elemento 1						Dar formação aos colegas
Elemento 2						Dar formação aos colegas
Elemento 3						Desenvolver aptidão em sistemas de frio
Elemento 4						Desenvolver aptidão em sistemas de frio
Elemento 5						Desenvolver em sistemas de soldadura
Elemento 6						Desenvolver aptidão em sistemas de frio
Elemento 7						Dar formação aos colegas
Elemento 8						Dar formação e treino aos colegas
Elemento 9						Desenvolver aptidão em frio
Elemento 10						Dar formação aos colegas
Elemento 11						Dar formação e treino aos colegas
Elemento 12						Dar formação e treino aos colegas
Elemento 13						Dar formação e treino aos colegas
Valor atual	18	51	46	21	30	Legenda: - Não sabe fazer 0 - Faz com orientação 1 - Consegue fazer sozinho 2 - Faz sozinho e consegue ensinar 3 - Domina 7
Valor mínimo a atingir	24	30	32	27	30	

Figura 2.7 – Exemplo Matriz de competências. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).

Voice Of Customers (VOC)

A Voz do cliente (VOC) é muito importante para o desenvolvimento de novos produtos (Teehan & Tucker, 2010), a partir da análise crítica que transmite e informações fundamentais sobre os pedidos de entrada e saída de produtos ou serviços, solicitados pelo cliente (Aguwa, Monplaisir, & Turgut, 2012). Esta ferramenta procura melhorar os serviços ou produtos de acordo com o que o cliente pretende, contrariando que as ideias impostas pela empresa eram as que tinham interesse (Abreu *et al.*, 2016). Por este motivo, auxilia a eliminar utilidades e propriedades que não acrescentam valor ao cliente, baixando o preço dos produtos ou serviços ao cliente. É muitas vezes aplicada através de questionários, caixas de sugestões (Murça, 2012), reuniões, visitas e análise de reclamações recebidas.

É importante conhecer e compreender quem são os clientes, ou seja, quem vai utilizar o serviço ou o produto. Pode ser um cliente externo que adquire um produto ou serviço ou um cliente interno como a área complementar a um determinado processo (Dias, 2015).

O VOC é utilizado no *Lean six sigma* para identificar os principais clientes do projeto, de forma que seja possível também esclarecer, as principais necessidades e possibilidades envolvidas. É assim que a partir do VOC grande parte do projeto é definida (Arita, 2018).

Plan–Do–Check–Act (PDCA)

O ciclo PDCA representado na figura 2.9 também denominado por ciclo de Shewhart, ciclo da qualidade ou Ciclo de Deming, é uma metodologia que foi desenvolvida por Walter A. Shewhart na década de 30 e consagrada por Willian Edwards Deming na década de 50, que teve origem no Japão onde foi implementado em empresas para aumentar a qualidade dos processos (Pacheco, Salles, Garcia, & Possamai, 2012). O ciclo PDCA é composto por quatro etapas que contribui para a prevenção da ocorrência de erros e sua resolução e estabelece padrões para a melhoria contínua dos processos. As etapas do PDCA são (Moen & Norman, 2006):

Plan – consiste na exploração dos objetivos do cliente e dos métodos necessários para os realizar;

Do – Implementação dos planos de melhoria;

Check – Verificação dos resultados obtidos com os resultados esperados;

Act– Correção de resultados se os mesmos forem insatisfatórios para melhorar o processo ou padronizar se os resultados forem satisfatórios.

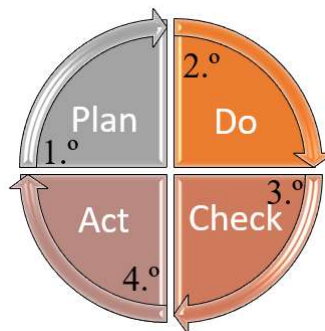


Figura 2.8 – Ciclo PDCA. Fonte: Adaptado de Moen & Norman (2006).

3 Lean Maintenance

O *Lean Maintenance* (manutenção *Lean*) é a aplicação dos princípios do pensamento *Lean* na gestão da manutenção, que visa eliminar desperdícios, e criar valor. Este tipo de manutenção age antecipadamente realizando atividades de manutenção preventiva e manutenção corretiva planejada através de práticas de manutenção produtiva total (TPM) tendo como base a manutenção centrada na fiabilidade (Smith & Hawkins, 2004).

3.1 Evolução histórica da manutenção

A manutenção acompanhou a evolução industrial e desenvolveu-se conforme as mudanças no perfil do mercado. No final do século XIX com a automatização das indústrias, surgiu a necessidade das primeiras reparações. A manutenção era deixada para segundo plano e executada pelo operário do equipamento.

Com a produção em série implementada por Ford, as fábricas começaram a estabelecer programas mínimos de produção e, em consequência, sentiram necessidade de criar equipas para efetuarem reparações nos equipamentos no menor tempo possível.

Após a Segunda Guerra Mundial aumentou significativamente a necessidade de uma produção mais eficiente e fiável, sendo as intervenções corretivas insuficientes. Surgindo assim a manutenção preventiva não só para corrigir as falhas, mas também para as evitar, tornando-se a manutenção tão importante como a operação (Neto, 2017).

Em 1960 surge pela primeira vez a manutenção produtiva total (TPM, *Total Productive Maintenance*) que foi desenvolvida na indústria japonesa criando novos métodos para melhorar a produtividade e atividades de fabrico e que tinha como principal objetivo que os operadores fossem responsáveis pelos seus equipamentos (Pinto, 2013).

A partir de 1970 com o avanço da tecnologia começou a ser possível a monitorização da condição dos equipamentos, deixando de ser assim a manutenção preventiva apenas baseada no tempo (Murça, 2012).

3.2 Manutenção

A NP EN 13306 (2007) cita que, manutenção é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, que têm como função manter ou repor um bem num estado em que possa desempenhar a função pretendida.

Assis (2010) refere que, a manutenção consiste na ação de diagnosticar e reparar, ou prevenir, falhas de um sistema. As intervenções de manutenção podem ser, essencialmente de duas naturezas:

- Natureza curativa, que ocorre em resposta a falhas casuais e imprevisíveis
- Natureza preventiva, a qual pretende evitar falhas resultante da degradação

Segundo NP EN 13306 (2007), a gestão da manutenção é responsável pelas ações de gestão que definem os objetivos, responsabilidades e as estratégias pertencentes à manutenção e que os implementam em diversas áreas como em controlo, supervisão, organização, planeamento e aspetos económicos.

Segundo Ghayebloo e Shahanaghi (2010) a manutenção tornou-se uma questão de gestão, com o objetivo de contribuir para o lucro. Isto indica a necessidade que a manutenção tem de estar em sintonia com os objetivos da empresa de forma a aumentar o lucro da empresa.

3.3 Objetivos da manutenção

Na manutenção os objetivos devem estar definidos de acordo com o método do negócio e o seu planeamento. Na execução da manutenção podem existir métodos e pensamentos divergentes, na qual a gestão da manutenção deve encontrar a resposta que melhor se adequa aos interesses da empresa, uma vez que a otimização ao mesmo tempo dos objetivos não é possível (Pinto, 2013).

A figura 3.1 representa os principais objetivos da manutenção.



Figura 3.1 – Os principais objetivos da função manutenção. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).

Os objetivos da manutenção assim como os da empresa devem estar em sintonia, para que, em termos de custos, exista um balanço entre os custos dos recursos de manutenção e os custos da não disponibilidade (Pinto, 2013).

Stevenson (2002) refere que o objetivo da manutenção é manter o bom funcionamento do sistema de produção a um custo mínimo, e que se deve encontrar um equilíbrio entre os custos provocados por avaria e os custos da manutenção preventiva. Na figura 3.2 é possível observar os custos de manutenção referentes ao nível de manutenção a efetuar, no sentido de estabelecer o ponto ótimo para a mesma.

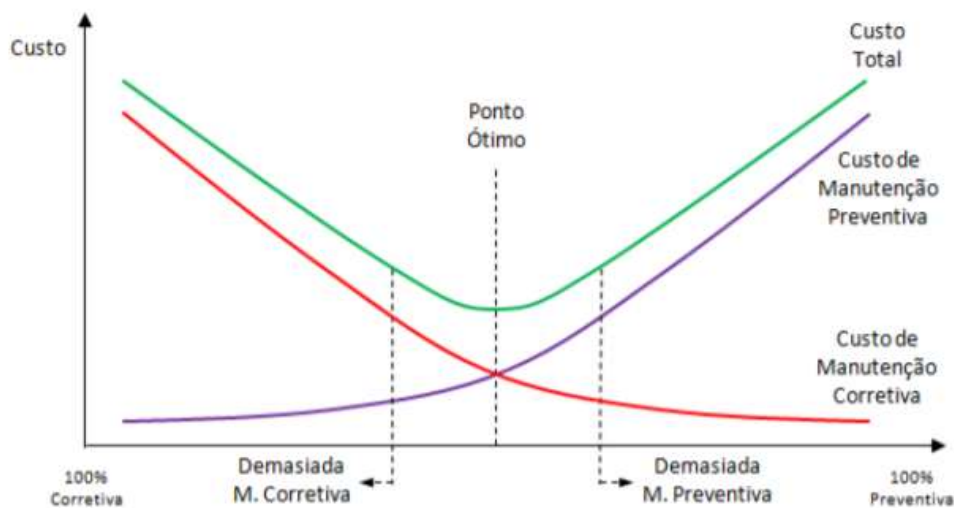


Figura 3.2 – Custos e tipos de manutenção. Fonte: Adaptado de Gonçalves (2014).

Em termos de qualidade terá de acompanhar a evolução e exigência do mercado assim como normas e pedidos do cliente (Pinto, 2013).

A disponibilidade é apresentada como um dos objetivos prioritários. Refere-se à parte do tempo em percentagem que o equipamento está disponível para trabalhar, sem que necessite a intervenção da manutenção (Pinto, 2013).

Stevenson (2002), enumera vários motivos para querer manter os equipamentos disponíveis, tais como:

- Evitar paragens na produção
- Não adicionar custos operacionais
- Manter a qualidade elevada
- Evitar o não cumprimento das datas de entrega

3.4 Tipos de Manutenção

A manutenção está dividida em vários tipos, sendo eles também denominados de forma diferente dependendo do autor. Segundo a Norma NP EN 13306 (2007), o estabelecido para a divisão dos tipos de manutenção, consoante o objetivo da sua implementação e do método como a manutenção é realizada, são os seguintes como demonstra a figura 3.3.

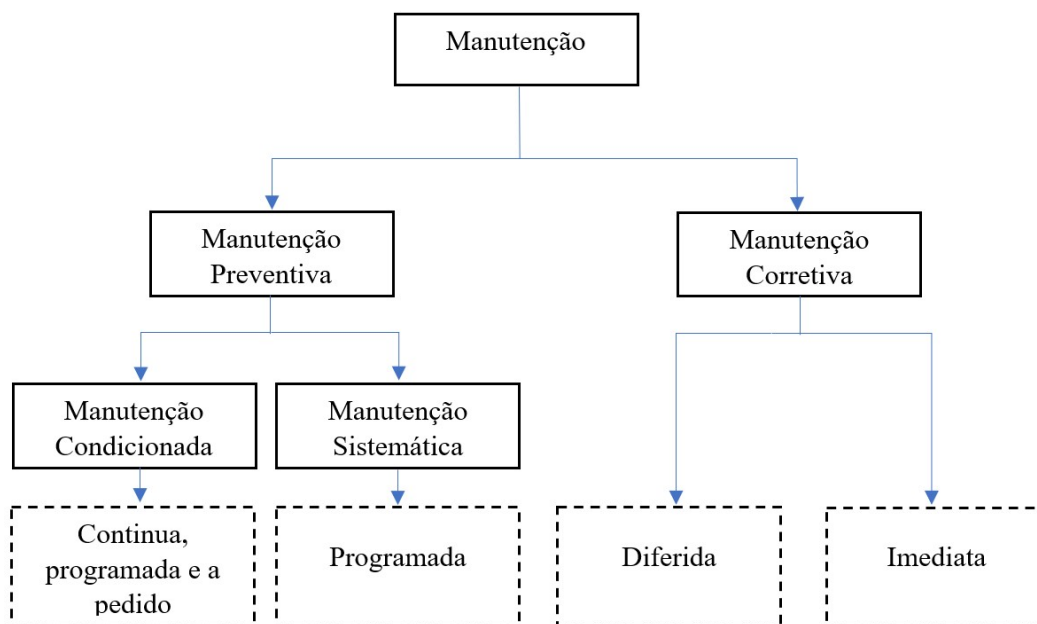


Figura 3.3 – Classificação dos diferentes tipos de manutenção. Fonte: Adaptado de NP EN 13306 (2007).

Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva é realizada em intervalos de tempo definidos, e tem como função evitar avarias, perda ou redução de desempenho. Este tipo de manutenção e a definição de manutenção algumas vezes confunde-se pelo motivo da gestão da manutenção ter como principal objetivo a prevenção da avaria (Cabral, 2013).

Manutenção preventiva Sistemática

A manutenção preventiva é definida por intervenções regulares (por exemplo semanal trimestral, anual) e planeadas (Por exemplo, lubrificação, ajustes) que pretendem repor os níveis Iniciais de fiabilidade do sistema e seus componentes, na tentativa de intervir nos sistemas antes da ocorrência da avaria, com base na fiabilidade dos sistemas e no estudo de registos históricos dos componentes ou do sistema, assim como da probabilidade de avarias devido ao desgaste (Pinto, 2013).

O objetivo da manutenção preventiva é reduzir a ocorrência de falhas ou avarias na instalação ou equipamento de modo a evitar custos associados. A sua realização é muito importante pelo motivo que à medida que o tempo entre manutenções aumenta, o custo da

manutenção preventiva diminui enquanto o risco (e o custo) de avarias aumenta. O alvo é encontrar o equilíbrio entre dois custos. A programação pode ser de acordo com a disponibilidade dos técnicos de manutenção para evitar intervenções nos horários de operação. Os gestores normalmente agendam a manutenção preventiva de acordo com a combinação dos seguintes tópicos (Stevenson, 2002):

- Resultado de inspeções planeadas que revelam a necessidade de manutenção
- Após um número pré-estabelecido de horas de funcionamento
- De acordo com o calendário (Tempo)

Segundo a NP EN 13306 (2007) a manutenção preventiva sistemática é realizada em intervalos de tempo pré-determinados ou de acordo com utilização mas sem controlo antecedente do estado do bem.

As intervenções de manutenção preventiva sistemática acontecem periodicamente ou em atingindo uma certa idade, com base na degradação e no risco de falha aceite de cada equipamento ou componente (Assis, 2010).

De acordo com Cabral (2013) a manutenção preventiva sistemática ocorre, sem verificação anterior do estado do bem, em intervalos de tempo pré-estabelecidos ou segundo outra unidade de trabalho.

Manutenção preventiva condicionada

A NP EN 13306 (2007) cita que, a manutenção preventiva condicionada tem como base a vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros relevantes do funcionamento, incluindo as ações daí resultantes.

Este método de manutenção consiste na realização de intervenções efetuadas tendo em consideração a análise da condição do equipamento, através da monitorização de parâmetros de funcionamento (por exemplo, temperatura, vibrações, pressão, ruídos, corrente elétrica) permite antecipar futuras ocorrências de falhas através da comparação com valores padrão do funcionamento do sistema ou através da análise de tendências (Pinto, 2013).

A manutenção condicionada intervém no fim da vida útil dos componentes, fase que é possível antever, analisando as tendências dos parâmetros que refletem a sua degradação através de técnicas de controlo de condição (Assis, 2010).

Para Cabral (2013), a manutenção preventiva condicionada intervém com base nos resultados obtidos em inspeção ou controlo de funcionamento, antes de ocorrer a avaria ou falha.

Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva de acordo com a NP EN 13306 (2007) é realizada após a descoberta de uma avaria com o princípio de repor o bem nas condições em que possa realizar a função pretendida. Este tipo de manutenção pode ser dividido em dois grupos, designados, manutenção corretiva planeada e manutenção corretiva imediata.

Manutenção corretiva diferida

A manutenção corretiva diferida tem como objetivo a correção ou adaptação do equipamento. Estas intervenções podem resultar de erros de conceção, instalação ou da necessidade de adaptação do equipamento a novas funções.

Num departamento de engenharia, os investimentos realizados em manutenção corretiva diferida podem resultar em ganhos relevantes para as empresas que os concretizam. Este é um dos métodos mais importantes no contexto *Lean*, dada a sua preocupação pela melhoria do desempenho (Operacional, segurança, qualidade e ambiente) (Pinto, 2013).

Manutenção corretiva imediata

A manutenção corretiva imediata ocorre quando a intervenção é realizada após a falha ou avaria, sem a sua intervenção ter sido anteriormente planeada. É o modelo mais simples de ser aplicado uma vez que não necessita de uma estrutura organizada, precisa apenas dos meios humanos que consigam realizar as ações de reparação e dos meios materiais (Pinto, 2013).

As principais soluções usadas para resolver as falhas ou avarias são (Stevenson, 2002):

- Equipamento de reserva que pode ser rapidamente colocado em serviço;
- *Stocks* de peças de substituição que podem ser instaladas conforme necessário evitando assim os tempos de espera no pedido de peças e na respetiva chegada;
- Operadores capazes de realizar pelo menos pequenas reparações nos seus equipamentos;

- Preparar pessoas bem treinadas e prontamente disponíveis para diagnosticar e corrigir problemas com equipamentos.

O grau em que uma organização procura uma ou todas estas soluções depende do valor que uma falha ou avaria pode representar para a produção (Stevenson, 2002).

3.5 *Total Productive Maintenance (TPM)*

Em resposta aos problemas de manutenção e estruturais que ocorrem em ambientes de fábrica, os japoneses desenvolveram e introduziram o conceito TPM, inicialmente em 1971 (Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2005), em que o objetivo da manutenção produtiva era potencializar a eficiência dos equipamentos e instalações para obter o melhor custo do ciclo de vida dos equipamentos de produção (Venkatesh, 2007). TPM é considerado uma evolução da manutenção preventiva formada inicialmente nos Estados Unidos da América na década de 1950 (Rodrigues & Hatakeyama, 2006).

Segundo Pinto (2013) o TPM acontece através do trabalho de equipa e decorre de uma atividade proativa quando ocorrem dificuldades, onde procura envolver todas as pessoas e todo o sistema de produção/operação da organização, que tem como objetivo a eliminação de paragens, perdas de rendimento, defeitos e acidentes.

Para Venkatesh (2007) os benefícios diretos do TPM traduzem-se no aumento da produtividade, na redução de custos de fabrico e na satisfação das necessidades exigidas pelos clientes. Enquanto que os benefícios indiretos são: o aumento do nível de confiança entre os funcionários, o local de trabalho arrumado, o alcance de metas de trabalho como equipa e uma mudança favorável na atitude dos trabalhadores.

Nakajima (1988) define o sistema de manutenção TPM, que inclui a vida dos equipamentos em todas as áreas, englobando o fabrico, produção e manutenção. E destaca a relação conjunta da produção e manutenção para um bom funcionamento da organização.

O TPM aborda os problemas de conexão entre as áreas de produção e manutenção de uma empresa. Tirando resultado de que: “o operador é quem mais conhece da máquina” tendo como filosofia a partilha de capacidades que possibilita especializar operadores e mecânicos, juntando-os nos objetivos da organização (Pereira, 2009).

A aplicação dos princípios do pensamento *Lean* e do TPM pode alterar comportamentos que leva a novas atitudes, desenvolve novas capacidades, e obtém novos métodos de trabalho em equipa, assim como a melhoria contínua que cria valor para o cliente (McCarthy & Rich, 2004)

O TPM tem como indicador o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) que para o seu cálculo é necessário também calcular a disponibilidade, indicador de desempenho e a taxa de qualidade. As equações necessárias para o seu cálculo são as seguintes (Cabral, 2006):

- Disponibilidade operacional – É contudo a proporção entre o tempo real de operação e o tempo disponível de operação.

$$DO = \frac{(\textit{tempo total disponivel} - \textit{tempo de avaria})}{\textit{tempo total disponivel}} \times 100 \quad (3.1)$$

- Indicador de desempenho – designa o comportamento do equipamento em relação à produção.

$$ID = \frac{\textit{n}^\circ \textit{ de unidades produzidas}}{\textit{n}^\circ \textit{ de unidades possiveis de produzir}} \times 100 \quad (3.2)$$

- Taxa de Qualidade – indica a proporção de produtos com defeito e aprovados.

$$TQU = \frac{(\textit{n}^\circ \textit{ de unidades produzidas} - \textit{n}^\circ \textit{ com defeito})}{\textit{n}^\circ \textit{ de unidades produzidas}} \times 100 \quad (3.3)$$

O rendimento global do equipamento (OEE) é assim definido por:

$$OEE = DO \times ID \times TQU \quad (3.4)$$

Segundo Ahuja (2009), TPM como o nome sugere consiste em 3 palavras:

Total: significa considerar todos os aspetos e incluir todos de cima para baixo;

Productive: tentar realizar enquanto a manutenção prossegue e minimizar os problemas de produção;

Maintenance: tem como significado a manutenção de forma autónoma pelos operadores de produção em manter o equipamento em bom estado.

A definição dos pilares aplicados no TPM como se pode ver na figura 3.4 depende da estrutura, filosofia atual da empresa e da cultura que pretende alcançar. A determinação dos pilares deve ter em atenção: qualidade, produtividade, segurança e o cliente. Os pilares enumerados por Rodrigues e Hatakeyama (2006) são:

- Melhoria de processos e equipamentos – concentra-se de forma objetiva nas melhorias a realizar.
- Manutenção planeada – Planear e controlar a manutenção para que seja garantida a ausência de defeitos na produção e que o equipamento tenha a disponibilidade pretendida.
- Manutenção autónoma – auto-gestão e controlo, que consiste na compreensão da filosofia TPM.
- Gestão inicial do equipamento – Estudo de questões associadas à manutenção de sistemas e equipamentos desde a conceção de novos projetos ou equipamentos a adquirir.
- Gestão da qualidade do processo – tem como objetivo a realização de operações com zero defeitos.
- TPM *in the office* – empenho da administração no programa TPM.
- Ambiente e segurança – determinação de procedimentos que permitem condições de segurança, saúde e ambiente.
- Formação e treino – formação e treino de conhecimentos por parte da equipa de manutenção e operadores.

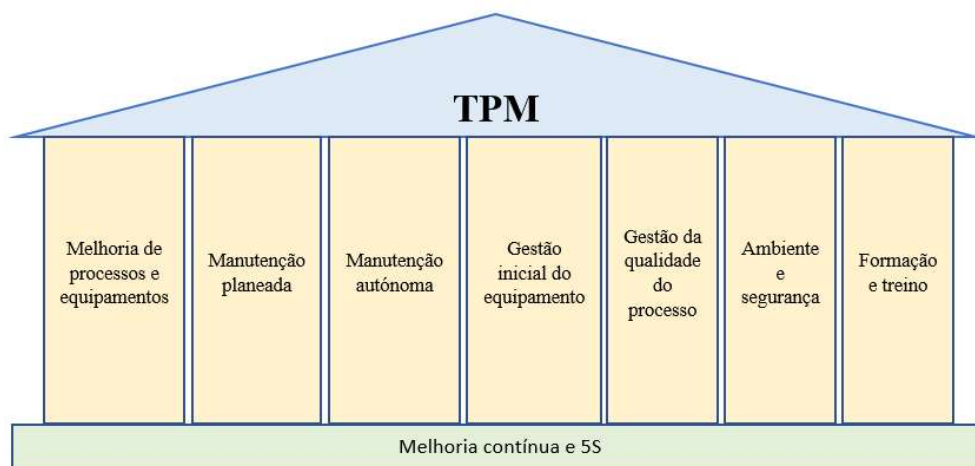


Figura 3.4 – Pilares do TPM. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).

3.6 Reliability Centered Maintenance (RCM)

A manutenção centrada na fiabilidade ou RCM foi fundada na década de 1960, e era inicialmente orientada para a manutenção de aviões, fabricantes de aeronaves e linhas aéreas (Dekker, 1996). Na atualidade, a RCM é utilizada nos mais diversos tipos de sectores, alguns exemplos de indústrias são, a alimentar, automóvel, aeroespacial, energia elétrica, petrolífera e química.

O método RCM tem como objetivo responder a perguntas chave relativas ao sistema ou equipamento a ser avaliado:

- No contexto operacional, do ativo físico, quais as utilidades e métodos de desempenho associados ?
- De que modos é que o ativo não consegue cumprir as suas funcionalidades ?
- O que provoca cada falha operacional ?
- O que resulta quando ocorre uma falha ?
- Qual a importância de cada falha ?
- O que deve ser realizado para prever ou prevenir cada falha ?
- O que fazer caso não se encontre uma solução proactiva ajustada ?

A filosofia RCM tem como base a aplicação integrada de manutenção preventiva, manutenção reativa e proactiva, realização de testes e inspeções preditivas. O seu objetivo é através de técnicas de fiabilidade comprovar que o sistema cumpre com os requisitos estipulados, com a fiabilidade e a disponibilidade definidas, ao custo mais baixo, com altos níveis de segurança e com a disponibilidade adequada para os equipamentos (Pereira, 2009). Deste modo, implementar a manutenção centrada na fiabilidade possibilita otimizar a ligação custo/benefício da manutenção, levando a (Helena, 2014):

- Prolongamento da vida do equipamento;
- Aumento de segurança e melhor proteção ambiental;
- Acréscimo do desempenho do equipamento;
- Constituição de comportamentos proactivos em relação à manutenção.

A implementação da RCM depende da utilização de uma metodologia bem estruturada que contém (Helena, 2014):

- Análise detalhada ao equipamento das suas funcionalidades e critérios aceitáveis de desempenho;

- Análise FMECA do equipamento;
- Utilização de diagramas de apoio à decisão para a escolha de manutenções e verificações a efetuar.

Segundo Ahuja e Khamba (2008), o RCM pode ser definido como um processo estruturado e lógico para desenvolver ou otimizar os requisitos de manutenção de um equipamento durante o seu funcionamento, a partir de um programa de manutenção que permite identificar as causas e os efeitos das falhas. As ferramentas utilizadas para a melhoria da manutenção incluem a FMEA, a FMECA, análise de riscos físicos (PHA), análise de árvore de falhas (FTA), otimização da função manutenção (OMF) e perigo e operacionalidade (HAZOP).

3.7 Indicadores de desempenho

Para Pinto (2013) os indicadores têm como objetivo indicar um acontecimento ou uma determinada característica. Um indicador de gestão ou KPI (*key performance indicator*) é uma ligação coerente e relevante do valor de dois elementos pertencentes à gestão da empresa.

A tomada de decisões baseia-se em factos. Daí ser importante possuir dados concretos que possibilitem tomar decisões acertadas por parte dos responsáveis (Pinto, 2014).

De acordo com a NP EN 15341 (2009), os KPI são definidos com o intuito de apoiar a gestão, de forma a alcançar a excelência da manutenção assim como a utilização dos bens de modo a desempenhar a função pretendida.

Os KPI são muito úteis a dar indicações do que ocorre na manutenção, a sua utilidade segundo Pinto (2013) são:

- Decisões tomadas com base em acontecimentos e não em ideias;
- Capacidade de analisar comparações de atividades de anos diferentes;
- Organizar o orçamento da manutenção;
- Apoio na tomada de decisões de gestão;
- Estimar vantagens de uma política de manutenção;
- Auxiliar no reconhecimento de problemas e oportunidades de melhoria;
- Analisar as alternativas de subcontratação.

De acordo com a NP EN 15341 (2009) a análise e medição destes indicadores podem apoiar a gestão a estabelecer objetivos, planear atividades e estratégias e partilhar resultados para motivar e informar as pessoas.

Para utilização dos KPI é decisivo ter em consideração os seguintes tópicos (Pinto, 1994):

- Utilidade – os indicadores devem ser essenciais e indicados para o processo de controlo e gestão;
- Clareza – os indicadores devem ser de fácil compreensão;
- Fidelidade – os indicadores devem exibir com atenção e precisão a ocorrência que se planeia verificar;
- Sensibilidade – os indicadores devem dar resposta com o devido rigor às mudanças do contexto que estão a mencionar;
- Unicidade – Deve existir apenas um único indicador para cada situação a analisar para não haver divergências ou dúvidas;
- Hierarquização – O responsável de cada nível da organização, deve ter apenas os indicadores que pertencem à sua área;
- Complementaridade – os indicadores devem complementar-se uns aos outros e, no seu todo, devem incluir o mais possível a totalidade das ações de manutenção na empresa.

O desempenho da manutenção depende da conjugação de determinados indicadores tal como apresenta a figura 3.5 (Pinto, 2013):

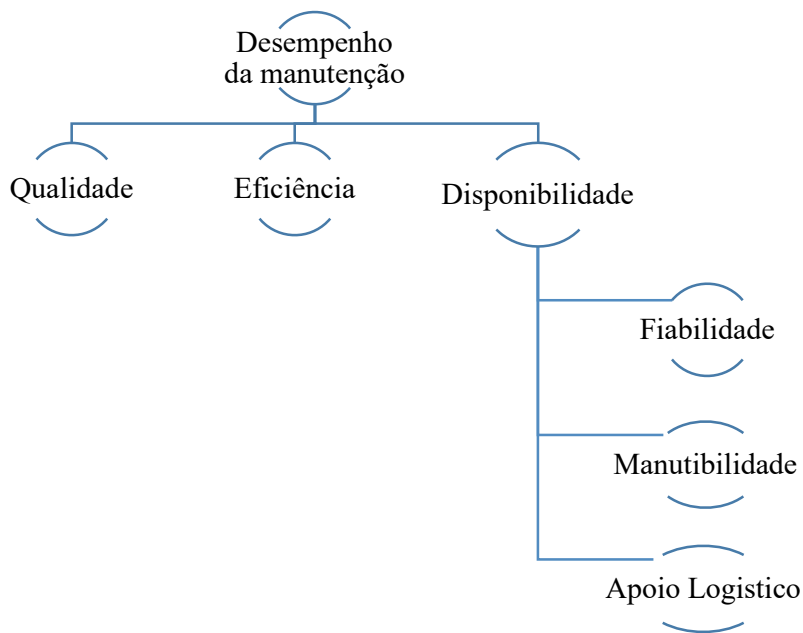


Figura 3.5 – Indicadores de desempenho da manutenção. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).

Qualidade (Q): Percentagem dos serviços de manutenção realizados à primeira e de acordo com o previsto. A equação é:

$$Q = \frac{\text{Serviços de Manutenção de acordo com o previsto}}{\text{Total de serviços de manutenção}} \times 100 (\%) \quad (3.5)$$

Eficiência (E): Representa a capacidade da manutenção em alcançar os seus objetivos, e é calculada através da equação:

$$E = \frac{\text{Trabalho realizado}}{\text{Trabalho a realizar}} \times 100 (\%) \quad (3.6)$$

Disponibilidade (D): Indica a percentagem de tempo que o bem está disponível para trabalhar, e é dada pela seguinte equação:

$$D = \frac{\text{Tempo útil}}{\text{Tempo disponível}} \times 100 (\%) \quad (3.7)$$
$$= \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MWT} \times 100 (\%)$$

Fiabilidade (R): É descrita como a probabilidade de bom funcionamento de um bem no tempo e em condições devidamente estabelecidas. Sendo medida pelo tempo médio entre avarias, ou seja, *mean time between failures* (MTBF). A fiabilidade é dada pela equação seguinte:

$$R(t) = e^{-\lambda \times t} \times 100 (\%) \quad (3.8)$$

Onde: e – número neperiano (e=2,7182818);

λ – Taxa de falhas (Por exemplo, avaria/hora), é o inverso de MTBF;

t – Tempo de funcionamento ou de vida.

Mean time between failures (MTBF): Tempo médio entre a ocorrência de falhas, quanto mais elevado for o seu valor, melhor é, o que significa menos falhas e uma maior disponibilidade. Este indicador apenas se utiliza para equipamentos reparáveis. A equação do MTBF é:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo de bom funcionamento}}{\text{Número de falhas}} \quad (\text{Tempo /falha}) \quad (3.9)$$

Manutibilidade, (M): Tem como objetivo idealizar um sistema ou equipamento que em caso de falha seja reparado o mais rápido possível (Assis, 2010). Este indicador depende do tempo médio de reparação (MTTR) (Pinto, 2013).

Mean Time To Repair (MTTR): Tempo médio (calculado em horas) de intervenções da manutenção para a reparação de avarias. A equação do MTTR é:

$$MTTR = \frac{\text{Total do tempo para reparar}}{\text{Total de intervenções da manutenção}} \quad (\text{Tempo/inter}) \quad (3.10)$$

Mean Waiting Time (MWT): Tempo médio de espera ocorre quando o equipamento não se encontra em funcionamento à espera de ser reparado, ou a intervenção tem de ser suspensa por um impedimento de força maior. Segundo Pinto (2013) os tempos de espera surgem, de coordenação ineficaz dos recursos da manutenção, escassez de recursos disponíveis, falhas ao nível da organização da manutenção e má coordenação entre a função manutenção e a produção.

Mean Down Time (MDT): Tempo médio de imobilização de um bem, que é a soma de MTTR + MWT. Pinto (2013) refere que uma boa medida da gestão da manutenção é distinguir os tempos MTTR e MWT. Se MWT maior que MTTR o gestor de manutenção deverá ficar preocupado.

Overall Equipment Effectiveness (OEE)

O cálculo do OEE é efetuado normalmente pelas empresas no seu trajeto de implementação da filosofia *Lean*. O valor de OEE resulta da multiplicação da taxa de disponibilidade,

eficiência e qualidade em que o resultado é apresentado em porcentagem. A equação do OEE é a seguinte:

$$OEE = D \times E \times Q(\%) \quad (3.11)$$

O objetivo do OEE é fazer com que os equipamentos possuam uma maior eficiência, e que através da utilização estimada dos equipamentos, se consiga identificar as causas das perdas de tempo e a sua redução (Puvanasvaran, Mei, & Alagendran, 2013).

As principais perdas dos equipamentos que têm influência no cálculo do OEE são (Gibbons, 2006):

- Tempo de micro paragens;
- Velocidade de produção inferior ao normal;
- Produtos defeituosos;
- Tempos de troca de ferramentas;
- Tempo de ajustes e configurações;
- Tempo de inatividade devido a avaria;
- Tempo e material perdido no arranque da produção.

Os princípios *Lean Maintenance* podem ser implementados em qualquer tipo de organização. Esses princípios estão representados abaixo na figura 3.5:

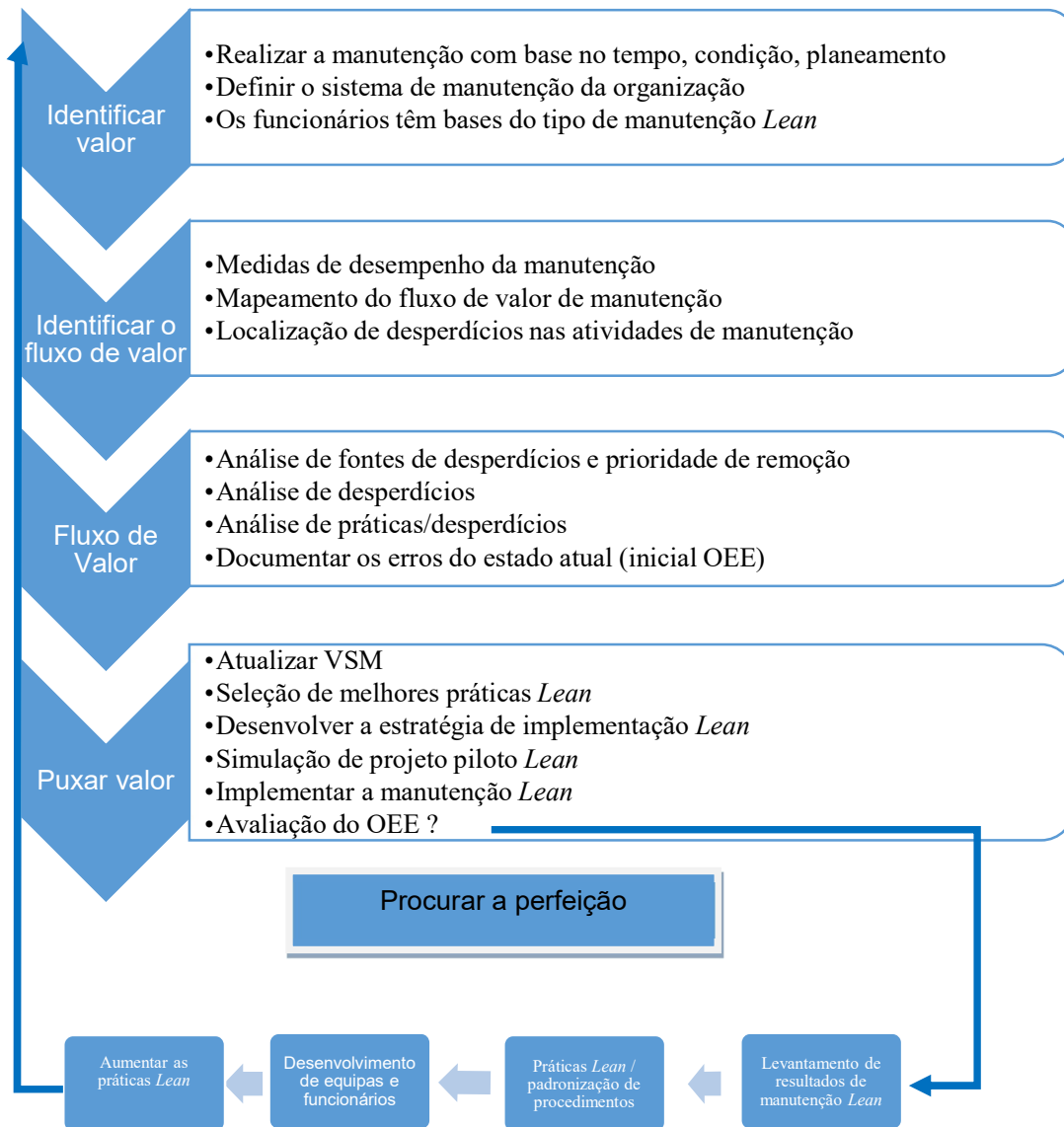


Figura 3.5 – Proposta do planejamento do *Lean Maintenance*.

Fonte: Adaptado de Mostafa, Dumrak, e Soltan (2015).

No *Lean Maintenance* o significado de não haver desperdícios diz respeito à disponibilidade total dos equipamentos, a um baixo custo mantendo o nível de qualidade, enquanto na produção o conceito *Lean* passa por a entrega do produto ou serviço de acordo com o solicitado pelo cliente (Pinto, 2013).

Contudo é diferente a abordagem utilizada no *Lean Management* e no *Lean Maintenance*. Assim os sete os princípios do pensamento *Lean* inicialmente propostos terão de ser adequados à realidade da manutenção como apresenta a tabela seguinte:

Tabela 3.1- Princípios *Lean* aplicados à gestão da manutenção. Fonte: Adaptado de Pinto (2013).

Princípios do pensamento <i>Lean</i>	Aplicação à gestão da manutenção
Conhecer o cliente	O cliente neste caso é o departamento de produção/operações, cliente externo e a generalidade dos colaboradores no local de trabalho. Conhecer o cliente é o ponto de partida do percurso <i>Lean</i> .
Definir valor	Disponibilidade total de todos os equipamentos, redução de custos e tempos de não produtividade, eficiência das operações, satisfação dos objetivos de ambos e colaboração.
Analisar a cadeia de valor	A observação do planeamento e controlo das operações de manutenção bem como todas as atividades diretas e de suporte permite identificar a cadeia de valor e, nesta, identificar o que acrescenta valor assim como o que contribui como desperdício.
Otimizar fluxos	Otimização de fluxos de informação, de materiais/peças e pessoas de modo a acelerar os processos de criação de valor.
Aplicar o método <i>pull</i>	Este princípio pode ser aplicado à gestão de materiais, fornecedores ou ainda na melhoria da comunicação e integração da função manutenção com mais funções da empresa.
Procurar a perfeição	Estimular os colaboradores de manutenção a melhorar o desempenho seguindo os princípios <i>kaizen</i> .
Inovação contínua	Inovação de práticas de gestão dos equipamentos, identificando oportunidades de melhoria de processos, produtos e serviços, colaborando com outras funções na empresa na procura de processos e bens inovadores

3.8 *Lean Maintenance* na indústria alimentar

A manutenção é fundamental em todas as áreas e indústrias quer seja a nível de fabrico ou serviços, e por isso deve ter uma importância elevada dentro da organização como um dos

pilares fundamentais, que mantêm as condições de capacidade e qualidade da mesma. No caso de estudo realizado na indústria alimentar, na presente dissertação de mestrado, onde o funcionamento das linhas não sofre interrupções ao longo do dia, o investimento na área da manutenção pode ser recuperado rapidamente, pois a indisponibilidade do equipamento por avaria significa a paragem da linha e por consequência a não produção que tem um custo muito superior quando comparado com os custos investidos na manutenção.

A implementação da manutenção *Lean* é importante para a eliminação de desperdícios e criação de valor, mas a aplicação das suas ferramentas não é garantia de sucesso, dado que o fundamento da filosofia *Lean* não está nas soluções que prescreve mas sim em aspetos menos definidos como a cultura empresarial, as pessoas e a gestão (Pinto, 2013).

Existe uma grande quantidade de cuidados a ter quando se fala em indústria alimentar, pois existe um grande número de normas e certificações a cumprir para que qualidade de excelência dos alimentos que são comercializados seja garantida, como é exemplo a empresa MareDeus onde foi realizado o caso de estudo seguinte.

No que se refere á manutenção existe muitos cuidados a ter, como os que são referidos nos seguintes pontos:

- Utilização de lubrificantes e massas *food grade* nos equipamentos.
- Lista afixada na mala de ferramentas de todas as ferramentas contidas no seu interior, para que no final de todas as intervenções de manutenção sejam confirmadas, em caso de perda de alguma ferramenta ou outro componente do equipamento ou peça necessária para a reparação é parada a linha de produção.
- No final de todas as reparações é chamada a equipa de qualidade para se certificar da limpeza do equipamento
- É obrigatória a utilização de luvas descartáveis para mexer em qualquer equipamento assim como o uso de toca e máscara quando se entra nos pisos de produção.

Para lá destes cuidados a ter ainda existe em cada linha de embalamento uma verificação mais restrita realizada por sensores de raio-X e detetores de metais para detetarem algum tipo de contaminante que possa ser resultado de alguma tarefa de manutenção ou do desgaste dos próprios equipamentos onde circula o pescado até ser embalado.

4 Caso de estudo

O caso de estudo realizado na empresa MareDeus Portugal tem como principal objetivo a aplicação prática de ferramentas *Lean*, com o objetivo de identificar e eliminar desperdícios e criar valor.

4.1 Proposta do modelo aplicado de *Lean Maintenance* na MareDeus Portugal

A implementação do modelo *Lean Maintenance* na indústria alimentar, na fábrica MareDeus Portugal, é fundamentado com base nas ferramentas *Lean*, métodos e indicadores para eliminar desperdícios e criar valor para que a sua implementação tenha os resultados pretendidos. Na figura 4.1 é possível observar o modelo implementado.

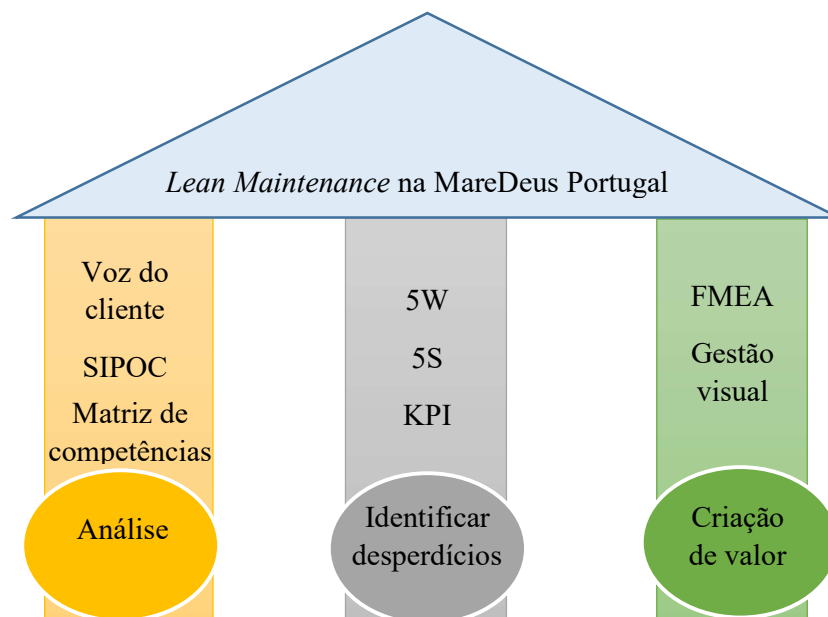


Figura 4.1 – Imagem representativa do modelo implementado na MareDeus Portugal.

Fonte: Elaboração própria.

1º Pilar

- Tem como principal objectivo identificar os procedimentos executados pela manutenção, assim como os objetivos pretendidos por parte da produção para que a utilização das ferramentas *Lean* sejam um sucesso. Neste pilar as ferramentas utilizadas foram:

VOC (*Voice of customer*) – Ferramenta que tem como principal objetivo saber quais os pontos de vista e imposições que o cliente pretende. O cliente neste caso são todos os trabalhadores da fábrica.

SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Output and Customers*) – É uma ferramenta que permite compreender cada etapa do processo de manutenção, com a realização de uma análise exata antes de uma possível intervenção.

Matriz de competências – Técnica relevante para ajudar na liderança e na gestão dos recursos humanos da manutenção, que tem como função identificar competências assim como corrigir falhas.

2º Pilar

- Tem como função a identificação e eliminação de desperdícios através da utilização das seguintes ferramentas:

5W – É uma ferramenta de melhoria contínua que consiste em perguntar o porquê até chegar à origem do problema.

5S – É um conjunto de práticas que permite reduzir desperdícios assim como melhorar o desempenho das pessoas e processos, de uma forma simples que se baseia na arrumação, organização e ordenação do local de trabalho

KPI – Indicador de desempenho permite comparar vários factores relacionados com a manutenção em termos de eficiência e desempenho.

3º Pilar

- Este pilar tem como principal objetivo a criação de valor através do uso das seguintes ferramentas:

FMEA – Consiste em identificar possíveis falhas em projetos ou processos, para indicar ações que tendam a reduzir ou eliminar o risco de cada falha antes de chegarem às mãos dos clientes. A FMEA avalia a severidade de cada falha a respeito do impacto causado aos clientes, a probabilidade da sua ocorrência e a deteção antes de chegar à mão do cliente final. Para determinar o risco associado a cada modo de falha, é multiplicada a pontuação da severidade (S) pela ocorrência (O) e pela deteção (D). Quanto maior for o valor da multiplicação destes elementos maior é o risco associado.

Gestão Visual – Torna os processos mais eficientes, e transmite informação útil aos processos de tomada de decisão.

4.2 Apresentação da empresa

MareDeus *Food Solutions* foi criada em 2011 pela família de Eugenio Martinez de Ubago Escuredo juntamente com outros empresários com vasta experiência e tradição no sector da indústria de pescado embalado. Foi criada com o principal objetivo de conseguir responder às necessidades do cliente Mercadona, com produtos relacionados com bacalhau. Tendo sempre como princípio um modelo baseado na eficácia, eficiência, transparência e confiança no trabalho realizado diariamente, nunca esquecendo as novas tecnologias, mas com o objetivo de ser sempre a melhor escolha/opção existente no mercado.

Procura sempre a qualidade máxima certificando-se no cumprimento de determinadas regras e normas, que são aplicadas com ferramentas muito específicas como análise de perigos e pontos de controlo críticos (APPCC) e o decálogo de segurança alimentar criado pela própria.

A realização do caso de estudo da implementação do *Lean Maintenance* foi realizado na MareDeus Portugal em Ermidas –Sado.

É uma empresa certificada por IFS (*International food standard*), BRC (*Global standard for food safety*) e ISO 14001

Processo de Fabrico da linha de produção

O processo que ocorre na empresa pode ser descrito de uma forma muito geral através do diagrama seguinte:

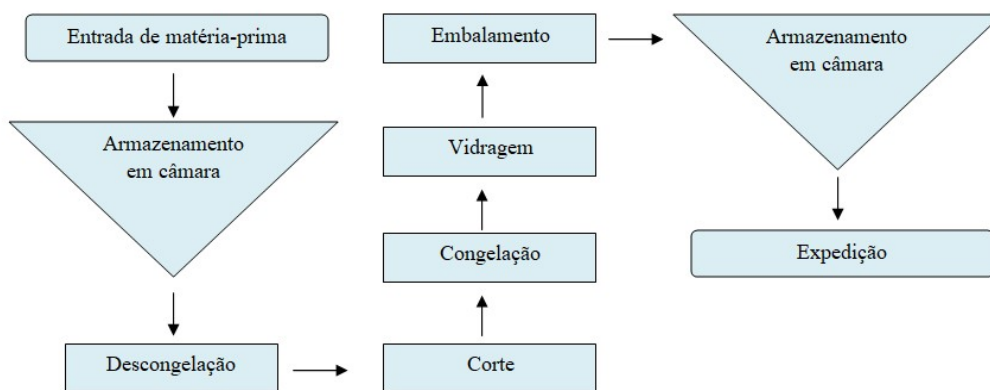


Figura 4.2 – Fluxograma do processo da fábrica. Fonte: Elaboração própria.

Constituição equipa de manutenção da fábrica

Serviço de Manutenção: organização de recursos

A manutenção da fábrica é constituída por técnicos de áreas distintas e que formam equipas ao longo dos turnos para que possam realizar qualquer tipo de intervenção independentemente do tipo de avaria existente na fábrica em cada turno. As 4 equipas destinam-se:

Mecânica – Serviços relacionados com tubagens, serralharia, soldaduras e mecânica de motas, porta paletes e empilhadores.

Processo Piso 0 - Equipa destinada a manter as máquinas do piso 0 que inclui o corte do peixe até à sua congelação em porções.

Processo Piso 1 – Equipa que dá apoio às linhas de produção do piso 1 onde é feito o embalamento do bacalhau congelado pronto a sair para o mercado

Infraestruturas – Equipa multifacetada com técnicos responsáveis por toda a eletricidade e sistemas de frio da fábrica.

Na figura 4.3 é possível observar o organograma da constituição da equipa de manutenção da fábrica.

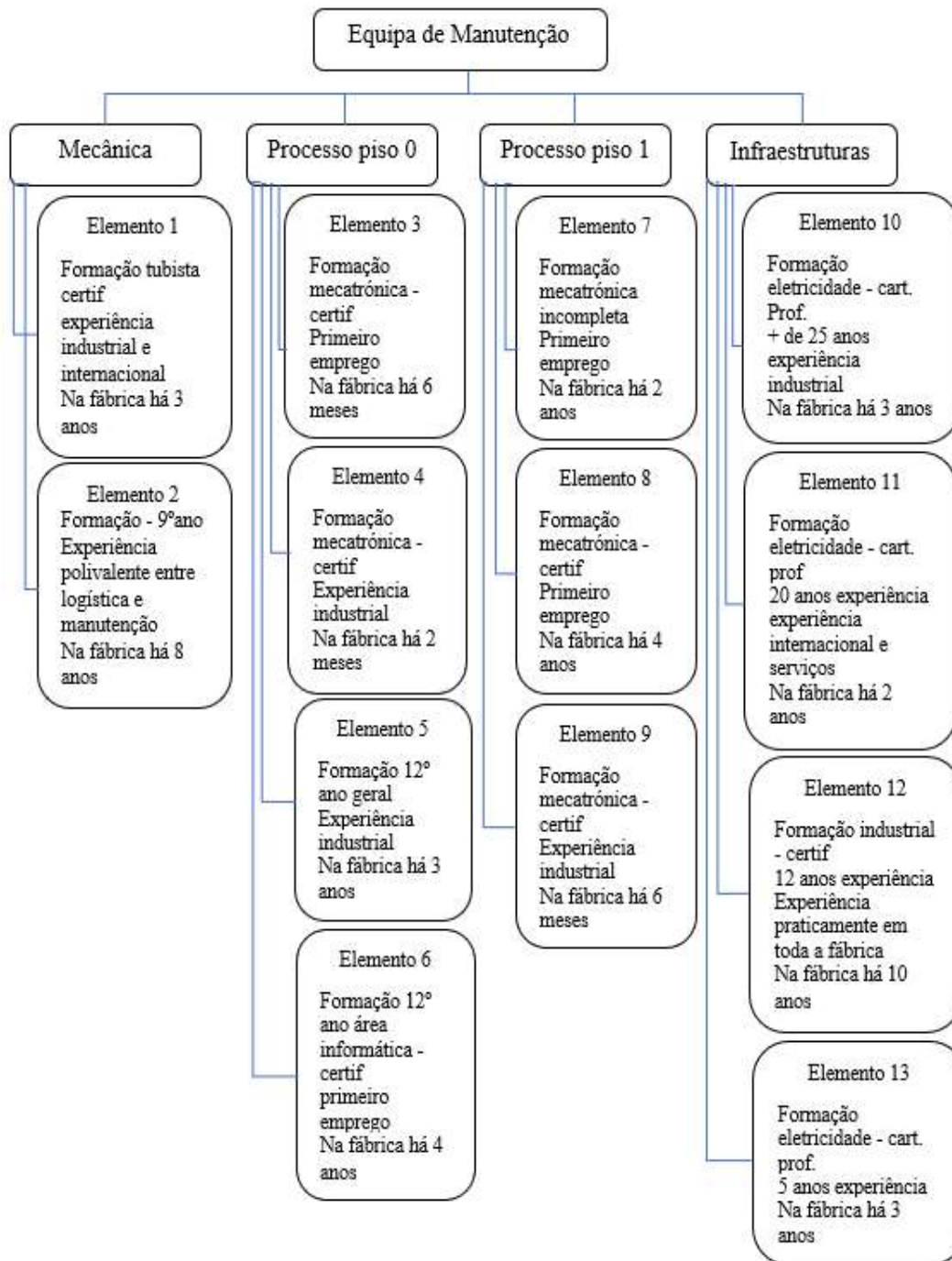


Figura 4.3 - Constituição da equipa de manutenção. Fonte: Elaboração própria.

Horários

Com o conhecimento dos recursos existentes, a estratégia passa por criar equipas multifacetadas para os diferentes turnos capazes de responder a qualquer tipo de intervenção que seja necessária seja na linha do *trimming*, embalamento ou nas infraestruturas.

Os turnos realizados pela equipa de manutenção capaz de responder às necessidades da produção são:

Equipa verde – horário das 06h-14h de segunda-feira a sexta-feira

Equipa laranja – horário das 10h-18h de terça-feira a sábado

Equipa azul – horário das 17h 45 -01h45 de segunda-feira a sexta-feira

4.3 Implementação do *Lean Maintenance* na Maredeus Portugal

4.3.1 Organização

Antes de desenvolver o modelo *Lean*, foi necessário acompanhar as equipas de manutenção no dia-a-dia durante algumas semanas para conhecer a fábrica, os equipamentos, o processo e as equipas de trabalho.

Durante esse tempo foi verificada a ausência de uma lista de equipamentos existentes em toda a fábrica. Com o intuito de criar valor para que em caso de avaria de algum equipamento a equipa de gestão tivesse dados necessários sobre o equipamento para poder resolver a situação e transmitir aos técnicos foi criado um levantamento de todos os equipamentos e das suas características numa tabela em Excel.

A tabela contém o código do equipamento, a sua localização, a designação, marca, modelo, nº de série e Potência/caudal/pressão/.

Tabela 4.1 – Exemplo da tabela realizada no caso de estudo para levantamento de equipamentos. Fonte: Elaboração própria.

Cod Equip.	Local		Designação	Especificações			
				Marca	Modelo	Nºsérie	Potência/Caudal/pressão/...
0001	Processo	Piso 1	Embaladora TFS	ULIMA	TFS200	Machine n.º 3019302	
0002	Processo	Piso 1	Detector de metais TFS	Prisma	Nastro transportadore por metal detector	488102	230 V / 0,3 Kw 50Hz
0051	Processo	piso 0	Evaporador 5 zona da produção trimming	GOEDHART	FC38Dp 402-4-230L	PIV070036; VK0700022 / 270025060 / Client ref: 24.449	(-) a 50° C / 10 bar / 14l
0052	Processo	piso 0	Tapete azul do trimming	OPTIMAR	799	31	1,5KW
0129	Utilidades	Sala Máquina Compressor	Bomba(verde) circulação retorno de água quente sanitária	WILO	TOP-2 30/10	2059858	Tmáx = 80° C / 175 a 310 W / ÓLEO 15w30 / 175 A 310 rpm
0130	Utilidades	Sala Máquina Compressor	Caldeira Nº1	FERROLI	PREXTERM N145	32924	145 kW / 6 bar
0215	Edifício	Lavandaria	MÁQUINA LAVAR ROUPA	GIRBAU	HS-6057 IC-H	2161799	7,3 kW / 569l / 57-63,2 kg

A tabela acima apresenta um pequeno exemplo da tabela efetuada do levantamento de todos os equipamentos existente na fábrica, durante a realização do caso de estudo.

4.3.2 Planeamento

Após a criação da tabela com todos os equipamentos e as suas características verificou-se que não existiam medidas preventivas para todos os equipamentos. Com base nos manuais das máquinas, nas condições em que os equipamentos se encontram e com a experiência dos técnicos foi elaborada uma lista de preventivas para cada equipamento.

A tabela com a lista das preventivas foi criada com base na ferramenta 5W2H ao procurar responder às perguntas:

- Onde?
- O quê?
- Como?
- Quando?
- Porquê?
- Quanto?

Tabela 4.2 – Exemplo de tabela com lista de manutenções preventivas a efetuar nos equipamentos. Fonte: Elaboração própria.

Onde ?		O Quê ?		Como ?	Quando ?	Quem ?	Porquê ?	Quanto ?
Processo	Piso 1	Embaladora TFS	0001	Verificar pontos de corrosão	Trimestral	Equipa processo piso 1	Recomendado pelos técnicos e pelos manuais	Custos não calculados por serem realizados pela equipa interna de manutenção
Processo	Piso 1	Embaladora TFS	0001	Lubrificar pontos de transmissão	Quinzenal	Equipa processo piso 1		
Processo	Piso 1	Embaladora TFS	0001	Lubrificar elementos móveis	Quinzenal	Equipa processo piso 1		
Processo	Piso 0	Tapete azul espinhas	0054	Verificar pontos de corrosão	Trimestral	Equipa infraestruturas		
Processo	Piso 0	Tapete azul espinhas	0054	Verificar ruidos dos motores	Mensal	Equipa infraestruturas		
Processo	Piso 0	Tapete azul espinhas	0054	Inspeccionar apertos e ligações elétricas	Trimestral	Equipa infraestruturas		
Processo	Piso 0	Tapete azul espinhas	0054	Verificar humidade no interior dos quadros	Quinzenal	Equipa infraestruturas		
Processo	Piso 0	Sensor X	0057	Verificar botão de paragem de emergência	Semanal	Equipa processo piso 0		
Processo	Piso 0	Sensor X	0057	Verificar o funcionamento dos sensores	Semanal	Equipa processo piso 0		

A tabela 4.2 é um exemplo da tabela realizada com a lista de manutenções preventivas, que foi criada com o intuito de não apresentar apenas as ações preventivas a realizar mas também de indicar a localização do equipamento, o nome do equipamento e o seu número interno, a equipa que deve realizar a manutenção, o porquê de ser realizada, e o quanto custa a sua ação.

4.3.3 Matriz de competências

A caracterização das equipas foi estudada através da solução *Lean*, matriz de competências, representada na tabela 4.3.

Tabela 4.3 - Matriz de competências dos recursos humanos da manutenção da MareDeus Portugal. Fonte: Elaboração própria.

	Aptidão em sistemas de frio	Aptidão em eletricidade	Aptidão em mecânica	Aptidão em Soldadura	Aptidão em automação	Observações e planos de ações
Elemento 1						Dar formação aos colegas
Elemento 2						Dar formação aos colegas
Elemento 3						Desenvolver aptidão em sistemas de frio
Elemento 4						Desenvolver aptidão em sistemas de frio
Elemento 5						Desenvolver em sistemas de soldadura
Elemento 6						Desenvolver aptidão em sistemas de frio
Elemento 7						Dar formação aos colegas
Elemento 8						Dar formação e treino aos colegas
Elemento 9						Desenvolver aptidão em frio
Elemento 10						Dar formação aos colegas
Elemento 11						Dar formação e treino aos colegas
Elemento 12						Dar formação e treino aos colegas
Elemento 13						Dar formação e treino aos colegas
Valor atual	18	51	46	21	30	Legenda: - Não sabe fazer 0 - Faz com orientação 1 - Consegue fazer sozinho 2 - Faz sozinho e consegue ensinar 3 - Domina 7
Valor mínimo a atingir	24	30	32	27	30	

4.3.4 SIPOC

Esta ferramenta foi utilizada com o propósito de compreender ligações, necessidades e encargos com alguma facilidade da equipa de manutenção a realizar nas linhas de produção e nas infraestruturas de apoio, dando indicações uteis das intervenções realizadas pela equipa de manutenção.

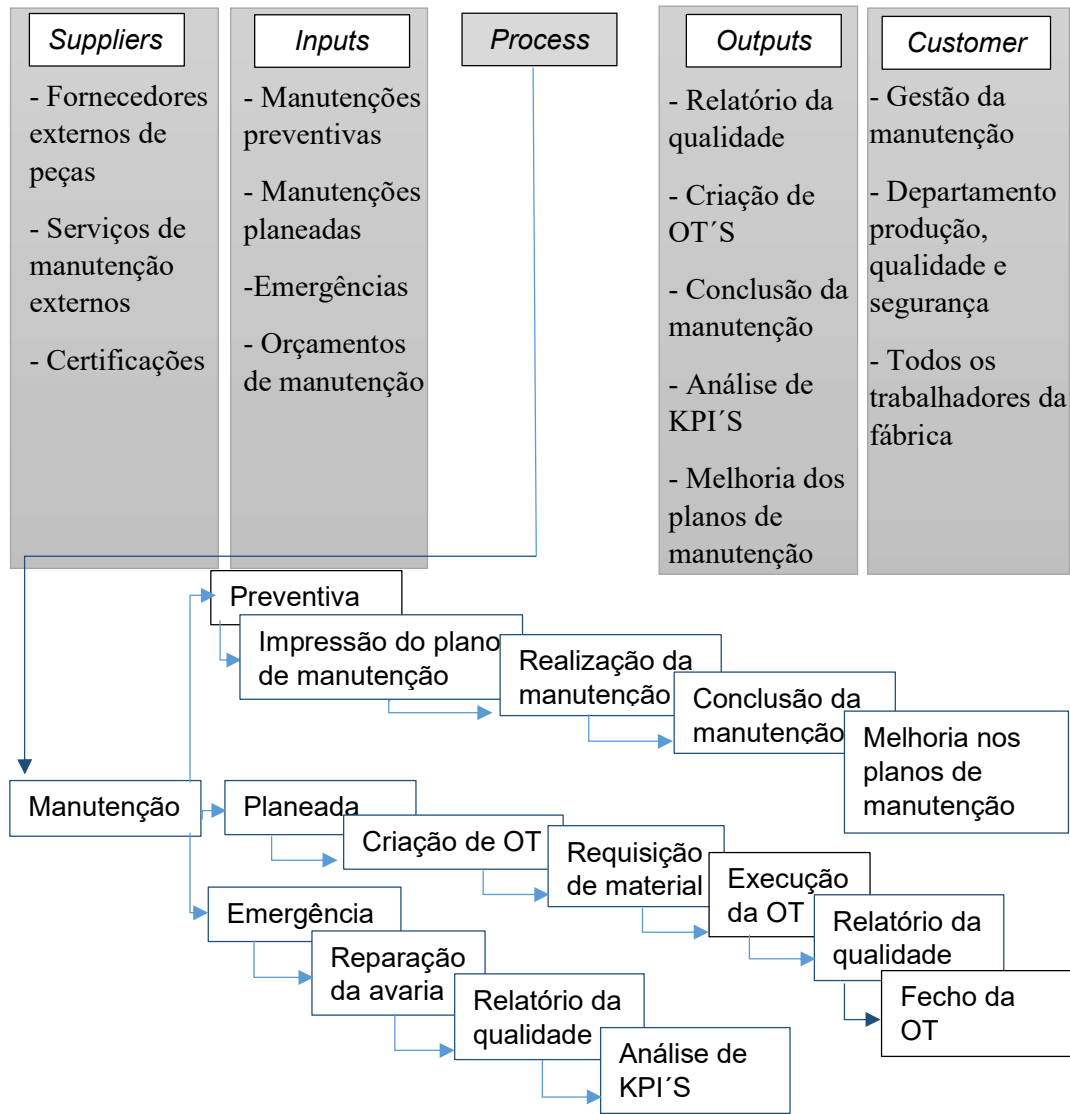


Figura 4.4 – Diagrama SIPOC caso de estudo MareDeus Fonte: Elaboração própria.

4.3.5 *Voice of Customer (VOC)*

A voz do cliente ou VOC é uma ferramenta muito importante, pois é possível saber as necessidades e opiniões que podem ser melhoradas ou implementadas no ponto de vista de todos os trabalhadores da fábrica. Esta ferramenta contribui assim para ajudar a melhorar o posto trabalho que por consequência pode representar um melhor desempenho dos trabalhadores.

Neste caso foi criada uma caixa onde todos pudessem colocar as opiniões por escrito, além de questionários que são realizados pelos recursos humanos com o objetivo de saber quais as necessidades dos clientes.



Figura 4.5 – Caixa de sugestões aplicada na MareDeus. Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4.4 – Exemplo de caso de sugestão que ocorreu na MareDeus Portugal. Fonte: Elaboração própria.

Sugestão	Ação	Benefício
Uma trabalhadora deu uma sugestão acerca de um novo corte para cortar o bacalhau.	A gestão da produção decidiu analisar a proposta onde verificou que o corte era vantajoso devido a ter maior aproveitamento do produto	Para a organização o ganho foi de um maior rendimento do bacalhau, os trabalhadores obtém vantagem no corte ser mais simples e a trabalhadora que deu a sugestão foi premiada.

4.3.6 Indicadores de desempenho (KPI's)

A utilização destes indicadores durante a realização do caso de estudo teve como principal objetivo estudar as linhas de embalagem da fábrica, e perceber o tempo que as embaladoras não estavam em funcionamento devido a avaria, chamado tempo de paragem do equipamento, e entender do tempo total de paragem do equipamento o que correspondia ao tempo de espera do equipamento e ao tempo de intervenção da equipa de manutenção. Foi também calculada a percentagem correspondente a manutenções planeadas e a manutenções não planeadas. O tempo de espera das manutenções planeadas é nulo devido a serem programadas as suas intervenções para horários em que as linhas não se encontram em funcionamento. O estudo diz respeito aos meses de janeiro, fevereiro e março na linha de embalagem 8x1, em que cada ciclo corresponde ao embalagem de 8 embalagens de bacalhau.

Estudo dos tempos:

- **Janeiro 2020**

Tabela 4.5 - Lista de intervenções e de tempos da linha 8x1, janeiro 2020. Fonte: elaboração própria.

Janeiro				
Tipo:	Data:	Tempo de intervenção (min)	Tempo de paragem produção (min)	Tempo de espera do equipamento (min)
Planeada	06/01/2020	480	0	
Total de tempo planeadas (min)		480	0	
Não planeada	31/01/2020	55	205	150
Total de tempo não planeadas (min)		55	205	150
Total tempo (min)		535	205	150

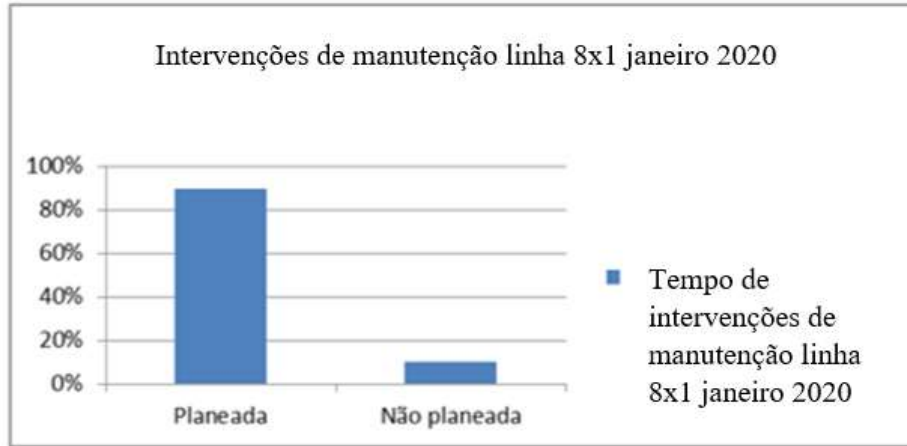


Figura 4.6 – Percentagem do tempo de cada tipo de intervenção da linha 8x1, janeiro 2020.

Fonte: Elaboração própria.

No gráfico acima é possível observar que o tempo total das manutenções planeadas é superior ao tempo das manutenções não planeadas. É este o rumo que a equipa de manutenção pretende com o objetivo de diminuir ao máximo o tempo das manutenções corretivas não planeadas.

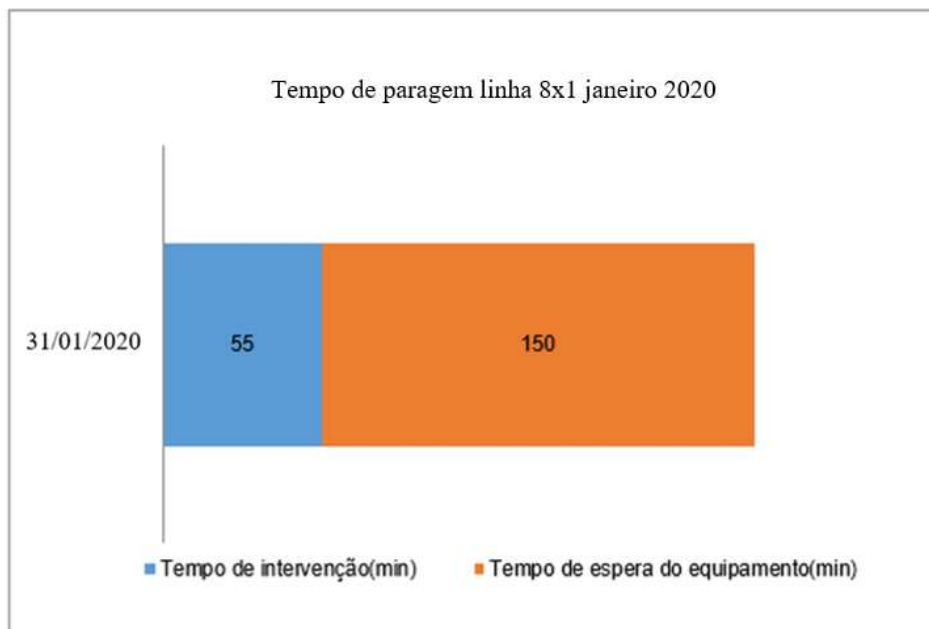


Figura 4.7 – Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, janeiro 2020. Fonte: Elaboração própria.

No gráfico acima representado é possível identificar que na manutenção não planeada o tempo de espera do equipamento é muito superior ao tempo de intervenção. Este caso indica que existe uma grande quantidade de tempo desperdiçado. O objetivo é que o tempo de espera do equipamento seja o mais próximo possível de zero.

- **Fevereiro 2020**

Tabela 4.6 - Lista de intervenções e de tempos da linha 8x1, fevereiro 2020. Fonte: Elaboração própria.

Fevereiro				
Tipo:	Data:	Tempo de intervenção (min)	Tempo de paragem produção (min)	Tempo de espera do equipamento (min)
Planeada	02/02/2020	30	0	
Planeada	05/02/2020	480	0	
Planeada	04/02/2020	10	0	
Planeada	05/02/2020	40	0	
Planeada	06/02/2020	30	0	
Planeada	07/02/2020	35	0	
Planeada	08/02/2020	85	0	
Planeada	09/02/2020	5	0	
Planeada	10/02/2020	15	0	
Planeada	11/02/2020	60	0	
Planeada	12/02/2020	100	0	
Planeada	13/02/2020	20	0	
Total de tempo planeadas (min)		910	0	
Semana 2		Fevereiro		
Não planeadas	03/02/2020	10	55	45
Não planeadas	05/02/2020	15	80	65
Não planeadas	06/02/2020	10	75	65
		35	210	175
Semana 3		Fevereiro		
Não planeadas	10/02/2020	10	85	75
Não planeadas	12/02/2020	70	75	5
		80	160	80
Semana 4		Fevereiro		
Não planeadas	18/02/2020	15	95	80
Não planeadas	19/02/2020	35	150	115
Não planeadas	20/02/2020	10	95	85
		60	340	280
Semana 5		Fevereiro		
Não planeadas	27/02/2020	710	1188	478
Total de tempo não planeadas (min)		885	1898	1013
Total de tempo (min)		1795	1898	1013

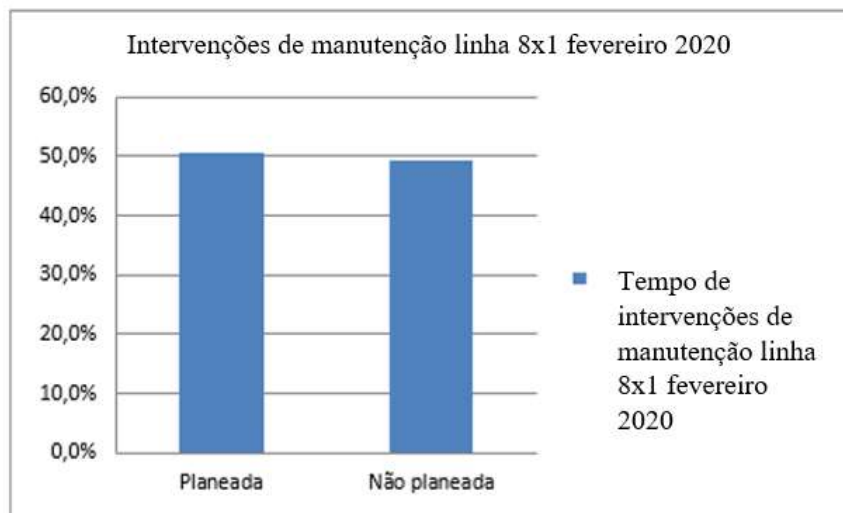


Figura 4.8–Percentagem do tempo de cada tipo de intervenção da linha 8x1, fevereiro 2020. Fonte: Elaboração própria.

No mês de fevereiro através do gráfico representado acima é possível observar que a percentagem de manutenções planeadas e não planeadas tem quase a mesma percentagem. O que indica que o planeamento feito até ao momento deve ser revisto para que a percentagem de manutenções não planeadas seja cada vez menor.

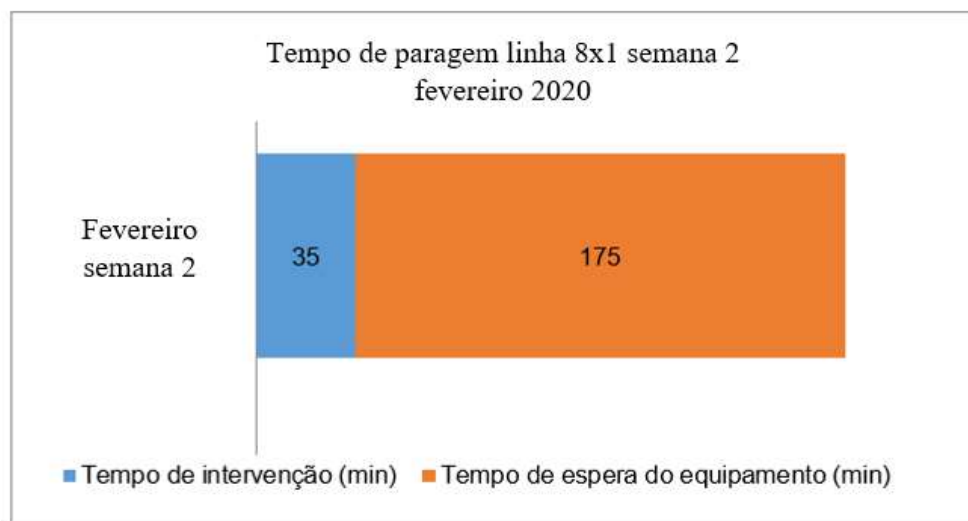


Figura 4.9 - Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, semana 2 de fevereiro 2020.

Fonte: Elaboração própria.

Na semana 2 de fevereiro através do gráfico acima é possível observar que o tempo de intervenção é muito menor do que o tempo de espera do equipamento o que com a implementação das ferramentas *Lean* se pretende diminuir.

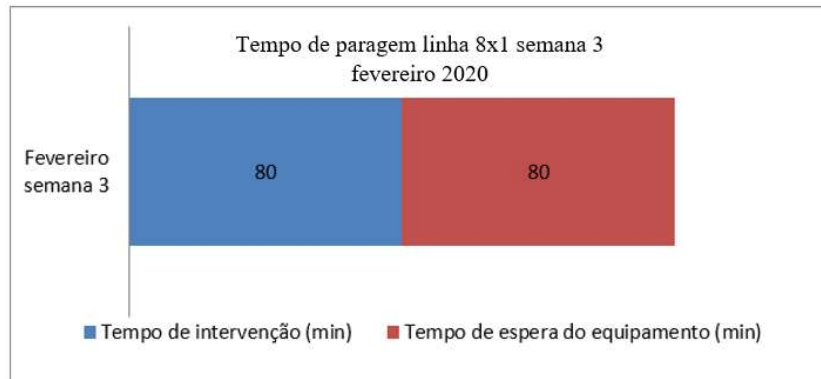


Figura 4.10 - Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, semana 3 de fevereiro 2020.
Fonte: Elaboração própria.

Na semana 3 de fevereiro verificou-se que o tempo de intervenção e o tempo de espera do equipamento foi idêntico.



Figura 4.11 – Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, semana 4 de fevereiro 2020.
Fonte: Elaboração própria.

Na semana 4 o tempo de espera do equipamento foi muito superior ao tempo de intervenção da equipa de manutenção, o que indica a existência de desperdícios.

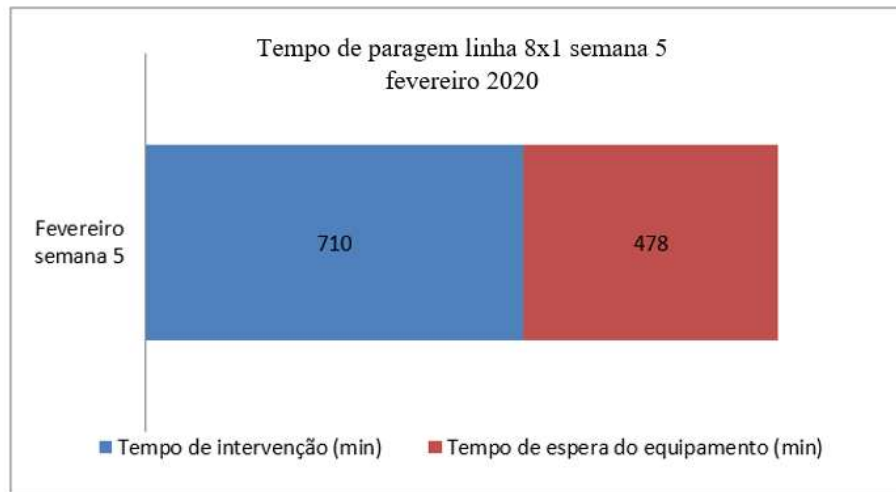


Figura 4.12 - Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, semana 5 de fevereiro 2020.
Fonte: Elaboração própria.

Na semana 5 o tempo de espera do equipamento é inferior ao tempo de intervenção, mas continua a ser elevado.

Após 2 meses de estudo dos KPI'S conclui-se que existe desperdícios de tempo que podem ser evitados, implementando processos e ferramentas *Lean*. Alguns dos desperdícios identificados foram:

- Comunicação dos chefes de linha com os encarregados de produção, e só depois os encarregados de produção comunicarem com a manutenção;
- Os técnicos de manutenção na sua deslocação ao equipamento com avaria não levarem logo as ferramentas necessárias;
- Armazém de *stocks* desorganizado.

No mês de março já começou a ser implementado a comunicação feita diretamente entre os chefes de linha e a manutenção através de via rádio e a identificar qual o problema, para que os gestores de manutenção direcionem diretamente a pessoa indicada para a realização do trabalho, e que na deslocação ao equipamento com avaria possam levar as ferramentas necessárias. O que acontecia anteriormente é que os chefes de linha contactavam os encarregados de produção e só depois estes chamavam a manutenção, perguntando, “alguém da manutenção à escuta”, para ir a um determinado lugar da fábrica sem ser especificado o equipamento avariado, o que provocava resposta de vários elementos ao mesmo tempo e o

que muitas vezes acontecia era que o técnico que ia ao local da avaria não sabia qual o problema para que era chamado, e muitas vezes não era a sua especialidade.

- **Março 2020**

Tabela 4.7 - Lista de intervenções e de tempos da linha 8x1, março 2020. Fonte: Elaboração própria.

Março				
Tipo:	Data:	Tempo de intervenção (min)	Tempo de paragem produção (min)	Tempo de espera do equipamento (min)
Planeada	02/03/2020	300	0	
Planeada	12/03/2020	20	0	
Planeada	20/03/2020	60	0	
Total de tempo planeadas (min)		380	0	
Semana 3				
Março				
Não planeadas	17/03/2020	10	20	10
Não planeadas	19/03/2020	25	30	5
Total de tempo não planeadas (min)		35	50	15
Total de tempo (min)		415	50	15

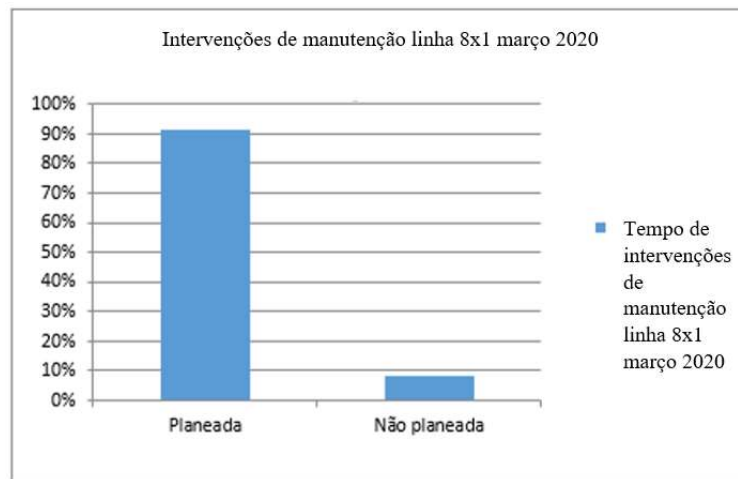


Figura 4.13 - Percentagem do tempo de cada tipo de intervenção da linha 8x1, março 2020. Fonte: Elaboração própria.

No gráfico acima representado é possível verificar que no mês de março a percentagem de manutenções planeadas é muito superior às manutenções não planeadas. É este o caminho que se pretende alcançar com o objetivo de as intervenções não planeadas serem nulas.

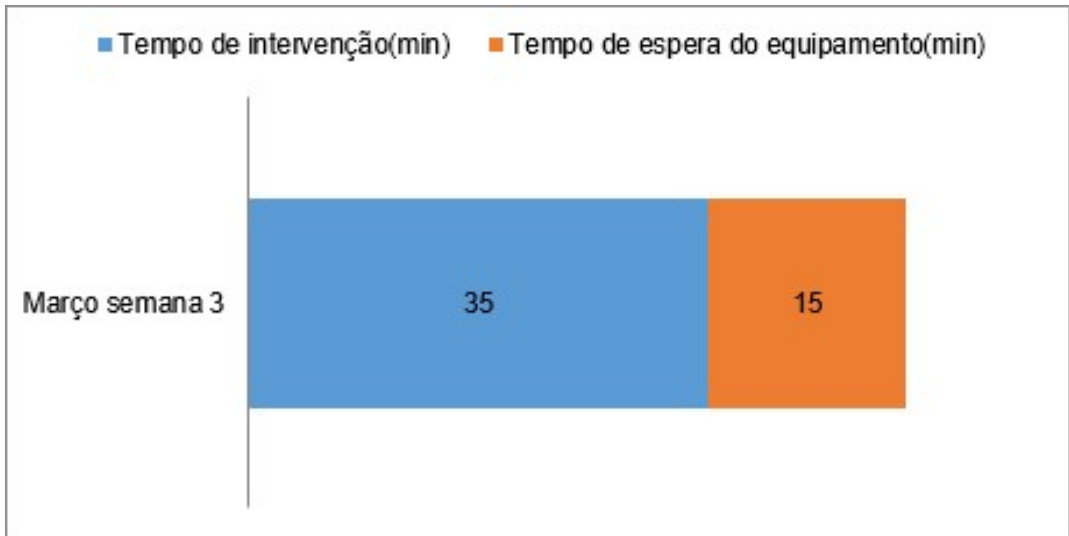


Figura 4.14 - Descrição do tempo de paragem da linha 8x1, semana 3 de março 2020. Fonte: Elaboração própria.

Tabela 4.8 – Tempos totais de cada mês. Fonte: Elaboração própria.

Mês	Tempo de intervenção(min)	Tempo de paragem de produção(min)	Tempo de espera do equipamento(min)
Janeiro	55	205	150
Fevereiro	885	1898	1013
Março	35	50	15

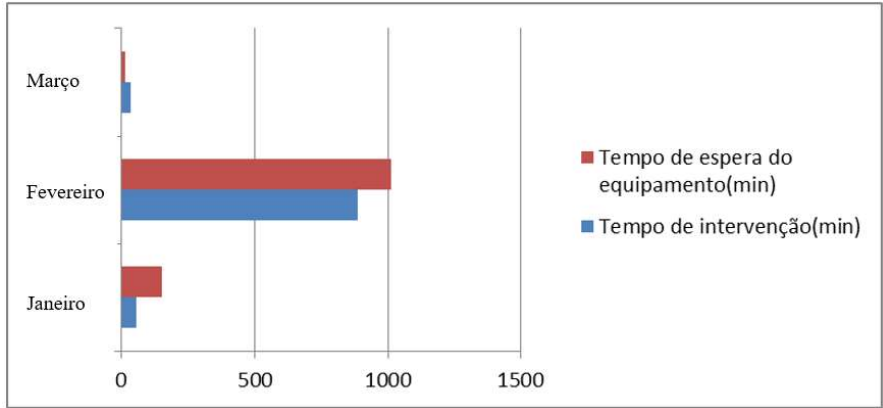


Figura 4.15 – Gráfico que representa tempo de espera e tempo de intervenção nos meses estudados. Fonte: Elaboração própria.

Em março já foi possível observar através dos gráficos que o Tempo de espera do equipamento é menor que o tempo de intervenção. É este o objetivo reduzir o tempo de espera do equipamento ao máximo sendo o tempo de paragem o mais próximo do tempo de intervenção. Contudo acredita-se que estes tempos ainda podem ser reduzidos com o aumento da experiencia e apostando na melhoria contínua.

4.3.7 5W

Esta ferramenta de melhoria contínua permite identificar qual a origem do problema, para a partir daí resolver o problema com medidas corretivas para que o mesmo não volte a acontecer. No caso de estudo esta ferramenta foi utilizada para uma situação que aconteceu na linha da VTI, a qual embala filetes de bacalhau em bolsas.

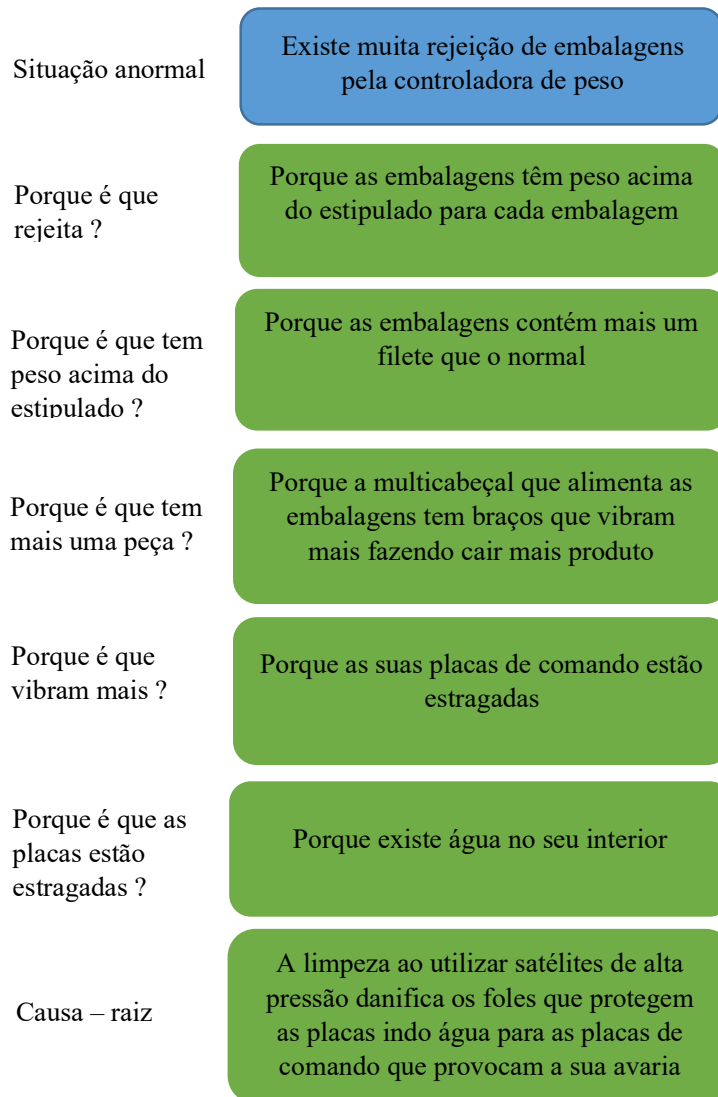


Figura 4.16 – Exemplo de aplicação 5W na empresa MareDeus.

Fonte: Elaboração própria.

Neste caso para resolver o problema para que não seja recorrente, é colocar nas manutenções preventivas a verificação dos foles diariamente, para que não aconteça novamente a mesma situação e sensibilizar a equipa de limpeza a ter cuidado ao limpar e higienizar a máquina.

4.3.8 5S

Na oficina e armazém da equipa de manutenção, situada no piso -1 da fábrica, foi implementada a ferramenta dos 5S, pois é um local que apresentava uma desarrumação que não ajudava os trabalhadores no seu desempenho nas atividades realizadas no local, quer na desorganização que contribuía para o desperdício de tempo na procura de material quando era necessário utilizar material em *stock*.

As debilidades identificadas foram:

- Desorganização;
- Falta de limpeza;
- A sequência da localização de peças e acessórios;
- Materiais iguais espalhados por diversas prateleiras e caixas;
- Material não identificado;
- Caixas com materiais diferentes e de equipamentos distintos;
- Material sem estar contabilizado no *stock* informático e com referências repetidas.

As figuras 4.17, 4.18 e 4.19 apresenta a oficina antes de ser implementado os 5S. Nas figuras é possível observar as bancadas de trabalho e as caixas de arrumação do material no final do dia em que o material não era arrumado no sítio correto.



Figura 4.17 – Bancada da oficina antes de ser implementado os 5S. Fonte: Elaboração própria.



Figura 4.18 – Arrumação de material pesado da oficina antes do 5S. Fonte: Elaboração própria.



Figura 4.19 – Arrumação de material da oficina antes do 5S. Fonte: Elaboração própria.

O primeiro passo foi explicar aos técnicos de manutenção no que consistia a ferramenta 5S e que o sucesso da implementação dependia da colaboração de toda a equipa. A sensibilização de princípios como a limpeza, arrumação e disciplina, levou a equipa de manutenção a aceitar a implementação da ferramenta 5S encarando como um desafio, que vai trazer melhores condições de trabalho para toda a equipa.

O primeiro passo dado foi no sentido da organização, ao separar o útil do inútil. Em segundo procedeu-se à identificação das peças e verificação do *stock* real com o *stock* contabilizado em formato digital, e a eliminação referências repetidas em diferentes localizações.

Procedendo depois à limpeza e arrumação do material nas estantes e armários, para que as peças dos mesmos equipamentos ficassem juntas, e que as caixas ao longo das prateleiras tivessem a mesma ordem do que a que se encontram nas linhas de produção.

Procedendo depois à uniformização de práticas, sempre com vista a manter e a melhorar.

As peças de cada equipamento encontram-se identificadas com etiqueta que contém a referência do fornecedor e a sua designação assim como a sua localização física onde se encontra, como é possível observar na figura 4.20.

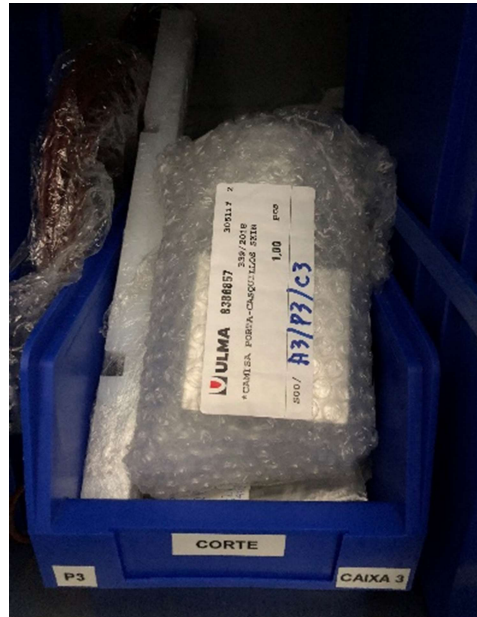


Figura 4.20 – Identificação da peça em stock. Fonte: Elaboração própria.

Na figura 4.21 é possível verificar a identificação das prateleiras e na figura 4.22 é possível observar que cada caixa contém o número da prateleira onde se encontra, a descrição do material existente no seu interior e o número da caixa.



Figura 4.21- Identificação do número da prateleira. Fonte: Elaboração própria.



Figura 4.22 - Identificação de cada caixa. Fonte: Elaboração própria.

Os componentes com dimensões maiores, encontram-se nas prateleiras com etiquetas de várias cores dependendo do estado do equipamento, como é visível na figura 4.23.



Figura 4.23 – Identificação de equipamentos de grandes dimensões. Fonte: Elaboração própria.

A etiqueta verde na figura 4.24 é utilizada para equipamentos novos, e equipamentos retirados mas que se encontram em bom estado ou que tenham sido alvo de reparação.

CABE Redutor Motor
Equipamento: 0,37 Kw
70 RPM 50 Hz
Data retirado em: ___/___/___
Data reparado em: 05 / 09 / 2017
Por: A. R. Indústria
Estado OK - Anotações: Ø 26 mm
tudo ok

Figura 4.24 – Etiqueta verde de identificação de equipamentos.

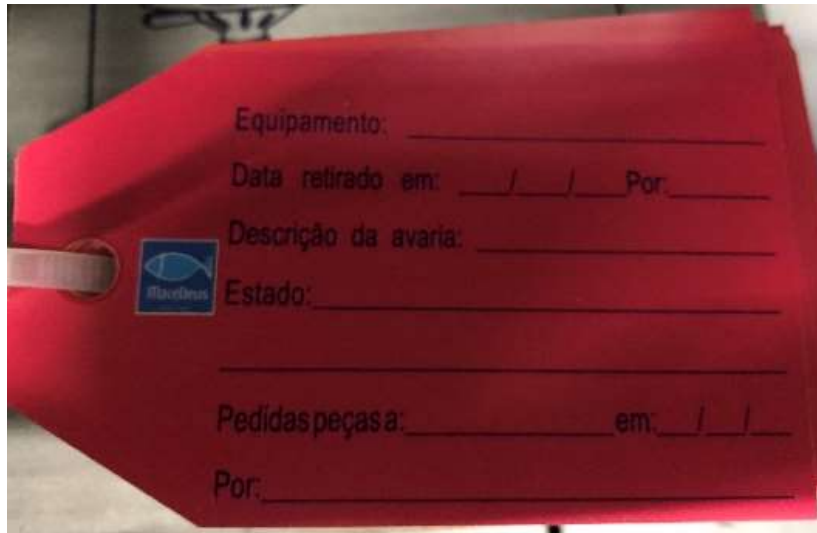
Fonte: Elaboração própria.

Etiqueta Branca, como demonstra a figura 4.25 é utilizada em equipamentos para abate, e que servem para análise da gestão antes de irem para o destino final adequado

Equipamento: _____
Descrição do estado: _____
Data saiu de serviço: ___/___/___
Data diagnóstico-KO- fora de serviço ___/___/___
Para abate: Autorizado: _____

Figura 4.25 – Etiqueta branca de identificação de equipamentos. Fonte: Elaboração própria.

A etiqueta vermelha na figura 4.26 é utilizada em equipamentos fora de serviço, que estão para reparação, e que em caso de necessidade se encontram fora de serviço.



A red identification tag with a white ribbon on the left side. The tag contains the following text and fields:

- Equipamento: _____
- Data retirado em: ____/____/____ Por: _____
- Descrição da avaria: _____
- Estado: _____
- Pedidas peças a: _____ em: ____/____/____
- Por: _____

A small blue logo with a fish and the text "MareDeus" is located on the left side of the tag.

Figura 4.26 – Etiqueta vermelha de identificação de equipamentos. Fonte: Elaboração própria.

A etiqueta azul na figura 4.27 é utilizada para identificar o tipo de lubrificante, evitando misturas entre os *food grade* e os lubrificantes de uso normal, assim como o equipamento específico a onde é utilizado, fornecedor e *stock* mínimo.



A blue identification tag with a black ribbon on the left side. The tag contains the following text and fields:

- Lubrificante: _____
- Foodgrade: Sim _____ Não _____
- Equipamentos a aplicar: _____
- _____
- Fornecedor habitual: _____
- Stock mínimo _____

A small blue logo with a fish and the text "MareDeus" is located on the left side of the tag.

Figura 4.27 – Etiqueta azul de identificação de óleos. Fonte: Elaboração própria.

Na figura 4.28 e figura 4.29 encontram-se representados os resultados da aplicação da ferramenta 5S no armazém da manutenção onde foi tudo organizado, os lubrificantes de acordo com a sua constituição e local de utilização, até aos mais pequenos acessórios de ar comprimido



Figura 4.28 – Lubrificantes Food Grade e utilização normal. Fonte: Elaboração própria.



Figura 4.29 – Estantes do armazém com a implementação da ferramenta 5S. Fonte:
Elaboração própria.

4.3.9 FMEA

O estudo da FMEA foi realizado observando o dia-a-dia das linhas de embalagem, com o objetivo de eliminar as falhas e riscos associados definindo a prioridade das intervenções a serem realizadas em cada equipamento.

Estudo na linha de embalagem 8x1

Equipamentos

- Embaladora 5x1
- Multicabeçal 5x1
- Enfreador 5x1
- Loteadora 5x1
- Embaladora 3x1
- *Target batcher*
- Enfreador 3x1
- Mesa circular 5x1
- Controladora de Peso 8x1
- Detetor de metais 8x1
- Raio X 8x1
- Alinhador 8x1
- Formatadora de caixas
- Seladora de caixas 8x1
- Tapete inpromar ligação da 3x1 à 5x1
- Cinta de transporte *target batcher*
- Tapete de escolha alimentador da 5x1
- Tapete-passo pala 5x1
- Tapete de alimentação entre tapete passo-pala e multicabeçal
- Diverter 3x1
- Tapete passo-pala 3x1
- Tapete de alimentação entre tapete passo-pala e diverter 3x1

Tempos de paragem da linha

- Dia 23/04/2020

Tempo de paragem do equipamento – 50 minutos

Tempo de intervenção da manutenção – 20 minutos

Tempo de espera do equipamento – 30 minutos

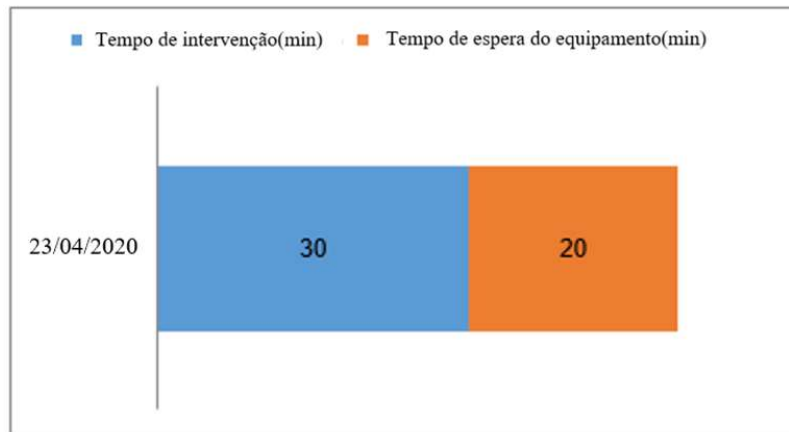


Figura 4.30 – Gráfico de tempos de paragem linha 8x1 dia 23/04/2020. Fonte:
Elaboração própria.

Como é possível observar no gráfico acima no dia 23/04/2020 o tempo de espera do equipamento é menor do que o tempo de intervenção. É isto que se pretende e com o tempo de espera o mais próximo possível de zero, para reduzir o desperdício.

- Dia 24/04/2020

Tempo de paragem do equipamento – 80 minutos

Tempo de intervenção da manutenção – 40 minutos

Tempo de espera do equipamento – 40 minutos

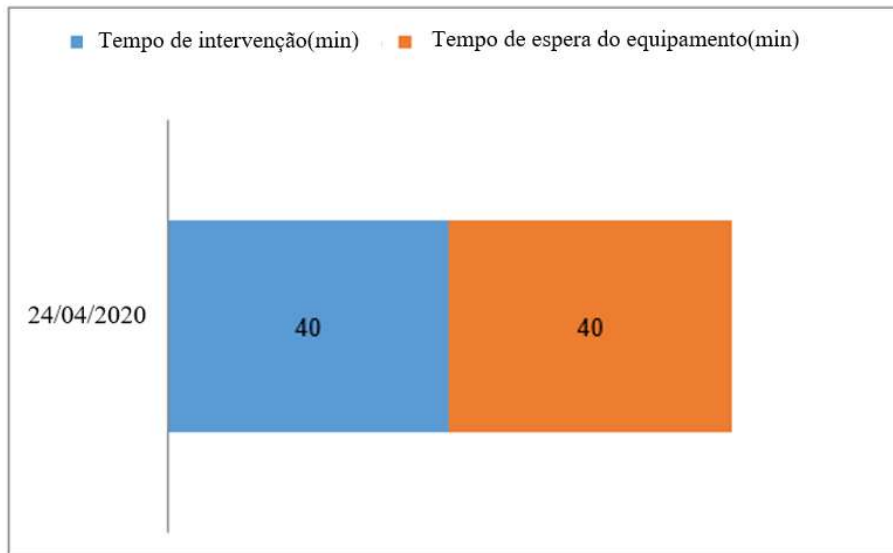


Figura 4.31 – Gráfico de tempos de paragem da linha 8x1 dia 24/04/2020. Fonte: Elaboração própria.

No dia 24/04/2020 é possível observar a partir da figura acima que o tempo de espera do equipamento é o mesmo que o tempo de intervenção.

Nos casos acima descritos o tempo de espera passou pela falta de informação transmitida pelas chefes de linha á equipa de manutenção na comunicação da avaria, as distâncias percorridas pela equipa de manutenção entre oficina e linha de embalamento.

Os tempos de espera nas situações descritas anteriormente podiam ser muito maiores se os equipamentos dependesse de manutenção feita por equipa externa ou se a avaria necessitasse de uma peça de substituição que não tivesse em *stock*.

Pontos críticos verificados na linha 8x1:

- Loteadora(Embaladora 5x1)
- Placa dome (Embaladora 5x1)
- Corte transversal (Embaladora 5x1)
- Bocas multicabeçal (Embaladora 5x1)
- Termopar termoformato (Embaladora 3x1)

Cálculo do NPR (*number of priority risk*) = S (severidade) x O (ocorrência) x D (deteção)

Tabela 4.9 – Cálculo do NPR. Fonte: Elaboração própria.

Equipamento	Processo	Efeito da falha	S	Causa da falha	O	Meio de detecção	D	NPR
Loteadora (Embaladora 3x1)	Impressão do lote	Defeito na impressão do lote	10	Cabeça de impressão da loteadora com defeito	8	Visualização da operadora que verifica defeitos nas embalagens	3	240
Placa dome (Embaladora 5x1)	Vácuo das cuvets	Falta de vácuo nas cuvets	10	Junta Dome 5x1 partida	9	Visualização da operadora que verifica defeitos nas embalagens	3	270
Corte transversal (Embaladora 5x1)	Corte transversal das cuvets	Lâmina não corta todas as cuvets	6	Plástico das cuvets colado na lâmina de corte	9	Visualização da operadora no fim da embaladora	1	54
Multicabeçal (Embaladora 5x1)	Queda de bacalhau para bocas da multicabeçal	Esticador de aperto da placa vibratória cai na cuvete.	10	Falta de força do esticador.	8	Visualização da operadora que acondiciona o bacalhau na cuvete. (alem disso existe detetor de metais e raio-X.	2	160
Termoformato (Embaladora 5x1)	Embalamento de bacalhau	Disparo da máquina	3	Termopar do termoformato	1	Operadores da embaladora	1	3

Após o cálculo do NPR a ordem de intervenção em cada componente da linha para reparação das falhas será feita de acordo com a ordem decrescente do valor do NPR sendo a seguinte:



Figura 4.32 – Ordem de intervenção de cada componente de acordo com o NPR. Fonte: Elaboração própria.

Relatório de intervenções realizadas:

Dome

- A ação de trabalho para resolver o problema do vácuo foi a substituição da junta, e afinação da parte mecânica que faz unir as placas onde é feito o vácuo. Esta afinação foi feita para garantir que não era devido ao desalinhamento das placas que a junta parte mas sim devido ao desgaste provocado pelas altas temperatura e à colocação do bacalhau nas cuvetes.

Loteadoras

- O problema apontava para a cabeça de impressão uma vez que não imprimia corretamente o lote sempre no mesmo local, mas para confirmar foi efetuada a limpeza da cabeça de impressão da loteadora 5x1 com um líquido próprio para limpar a cabeça de impressão e limpou-se com álcool a placa de borracha onde o filme passa e é feita a impressão do lote. Após este procedimento a loteadora da embaladora 5x1 continuou com o mesmo problema. Outra hipótese dada pelo técnico foi o problema estar no caudal de ar devido à loteadora, uma vez que é alimentada pela mesma saída que fornece o ar ao travão do filme da 5x1. Após ser realizado o despiste com uma única saída de ar para a loteadora o lote continuou com problemas. A solução da falha foi a substituição da cabeça de impressão.

Boca Multicabeçal

- O esticador da placa vibratória que provoca a queda do bacalhau para a boca 7 da multicabeçal foi afinado corretamente.

Corte transversal 5x1

- O corte não é feito na totalidade da linha, a explicação para isto acontecer é a temperatura do filme ser alta e ficar colado à lâmina. Para solucionar este problema será implementada uma saída de ar na direção do corte para arrefecimento do filme.

Termopar Termo formato

- Não foi realizada nenhuma intervenção por ser um acontecimento isolado e que não provocou constrangimentos significativos. Se acontecer será verificado o estado dos cabos.

4.3.10 Gestão visual

Ferramenta utilizada com o objetivo de aumentar a eficácia e a eficiência de processos, através da disponibilização de informações relevantes sobre o posto de trabalho através da informação visual. No caso de estudo a implementação foi criada no armazém quando se realizou a implementação dos 5S identificando os armários, prateleiras e caixas com o material que estava no seu interior de modo a ser mais simples de identificar a localização do material. No resto da fábrica começou-se a criar sinalização informativa de acessos, utilidades, obrigações de utilização de certos equipamentos e de linhas sinalizadoras de caminhos onde se pode circular.



Figura 4.33 – Informação de acessos, utilidades e linhas sinalizadoras.

Fonte: Elaboração própria.

5 Conclusão

A filosofia *Lean* pode ser implementada em diferentes indústrias, uma vez que apresenta grande benefício na eliminação de desperdícios e na criação de valor. A aplicação na área da manutenção das ferramentas *Lean* contribui para uma melhor organização, limpeza e resolução de problemas que impeçam o bom funcionamento do equipamento.

A manutenção tem como função satisfazer o seu cliente. No caso de estudo realizado o cliente da manutenção é o departamento da produção, a qual pretende produzir a maior quantidade de produtos com a máxima qualidade no tempo estipulado e a partir da menor utilização de recursos possível.

A metodologia de implementação do *Lean Maintenance* na indústria alimentar desenvolvido para aplicação na empresa MareDeus foi bem aceite pela equipa de gestão da manutenção e equipa técnica. Os resultados positivos da aplicação das ferramentas *Lean* durante o curto espaço de tempo que se realizou o caso de estudo, serviram de motivação para toda a equipa seguir com a implementação das mesmas e aprofundar o conhecimento para continuar uma melhoria contínua. Os resultados positivos alcançados foi uma melhor organização e limpeza da oficina e armazém, que teve influência na identificação das peças em *stock* e na sua arrumação nos lugares devidos, a identificação dos tempos de espera do equipamento que podem ser reduzidos, a resolução dos problemas pela causa-raiz para que o problema seja eliminado de vez e um melhor planeamento das intervenções a serem realizadas.

Trabalhos Futuros

O modelo utilizado originou uma base sólida de trabalho para a implementação das ferramentas *Lean*, despertando interesse nas equipas envolvidas. Por este motivo, este modelo poderá sofrer alterações no sentido de melhorar e aumentar os resultados positivos no futuro.

No futuro, é fundamental dar continuidade ao processo tendo em atenção o aprofundamento teórico e cultural da filosofia *Lean* por toda a equipa. Após a conclusão do caso de estudo, identificou-se um elevado número de desperdícios, a partir dos indicadores de desempenho, podendo-se sugerir como um dos aspetos principais a melhorar futuramente. Este estudo é importante de forma a diminuir o tempo de espera do equipamento ou seja desde a falha ou avaria até à chegada da equipa de manutenção.

Como trabalho futuro é importante controlar o OEE dos equipamentos para assim procurar melhorar a disponibilidade, qualidade e rendimento.

Referências Bibliográficas

- Abdulmalek, F. A., & Rajgopal, J. (2007). Analysing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 223-236.
- Abreu, A., Calado, J., & Requeijo, J. (2016). Buildings lean maintenance implementation model. *Open Engineering*, 6(1), 397-406.
- Aguwa, C. C., Monplaisir, L., & Turgut, O. (2012). Voice of the customer: Customer satisfaction ratio based analysis. *Expert Systems with Applications*, 39(11), 10112-10119.
- Ahuja, I. P. (2009). Total productive maintenance. In *Handbook of maintenance management and engineering*, 417-459.
- Ahuja, I., & Khamba, J. (2008). Total productive maintenance: literature review and directions. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 25(7), 709-756.
- Al-Araidah, O., Mommani, A., Khasawneh, M., & Momani, M. (2010). Lead-Time Reduction Utilizing Lean Tools Applied to Healthcare: The Inpatient Pharmacy at a Local Hospital. *Journal For Healthcare Quality*, 59-66.
- Allred, J. (20 de Setembro de 2018). *The Toyota Production System House*. Obtido em 28 de 10 de 2020, de 5S Today: <https://blog.5stoday.com/author/lj-allred/>
- Arita, J. G. (2018). Redução de desperdícios e otimização da linha de produção por meio de um projeto Lean six sigma. *Bacharel em Engenharia Mecatrônica*. Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de Engenharia Mecânica, Uberlândia.
- Assis, R. (2010). *Apoio à decisão em manutenção na gestão de activos físicos*. Lisboa: Lidel.
- Azevedo, B. M. (2011). *Modelo de implementação de sistema de produção Lean no INESC Porto*. Porto.
- Baluch, N. H., Abdullah, C., & Mohtar, S. (2012). TPM and LEAN maintenance-a critical review. *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 850-857.
- Cabral, J. P. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção: dos conceitos à prática...* (6ª Edição ed.). Lisboa: LIDEL - Edições Técnicas.
- Cabral, J. P. (2013). *Gestão da manutenção de equipamentos, instalações e edifícios*. Lisboa: Lidel.
- Chan, F. T., Lau, H. C., Ip, R. W., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71-94.
- Dekker, R. (1996). Applications of maintenance optimization models: a review and analysis. *Reliability engineering & system safety*, 51(3), 229-240.
- Dias, C. M. (2015). Aplicação da Filosofia Lean Management Caso de estudo, aplicado à manutenção de edifícios. *Trabalho final de Mestrado para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica*. Instituto superior de engenharia de Lisboa, Lisboa.

- Fernandes, J. M., & Rebelato, M. G. (2006). Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA. *Gestão & Produção*, 13(2), 245-259.
- Forno, A. J., Pereira, F. A., Forcellini, F. A., & Kipper, L. M. (2014). Value Stream mapping: a study about the problems and challenges found in the literature from the past 15 Years about application of Lean tools. *The international Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 779-790.
- Fraga, A. I. (2014). *Aplicação de metodologias Lean numa MRO. Dissertação de Mestrado*. Lisboa.
- Ghayebloo, S., & Shahanaghi, K. (2010). Determining maintenance System requirements by viewpoint of reliability and lean thinking. *Journal of Quality in Maintenance Engineering Vol.16 No.1*, 89-106.
- Gibbons, P. (2006). Improving overall equipment efficiency using a Lean Six Sigma approach. *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, 207-232.
- Gonçalves, C. D. (2014). Gestão da Manutenção em Edifícios: Modelos para uma abordagem LARG (Lean, Agile, Resilient e Green). *Dissertação de Doutoramento*. Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.
- Grewal, C. (2008). An initiative to implement lean manufacturing using value stream mapping in a small company. *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 404-417.
- Heleno, B. d. (2014). Aplicação da Manutenção Centrada na Fiabilidade a Dispositivos Médicos. *Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Biomédica*. Universidade Católica Portuguesa Faculdade de Engenharia, Lisboa.
- Jahanbakhsh, M., Moghaddam, N., & Samaie, H. M. (2013). Lean maintenance (case study: Teen dairy Industry Co.). *International Research Journal of Applied and basic Sciences*, 2033-2040.
- Juran, J., & Gryna, J. F. (1980). *Quality planning and analysis*. New York: McGraw-Hill.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota way*. MCGraw-Hill.
- Liker, J., & Morgan, J. (2006). The Toyota way in services: the case of Lean product development. *Academy of Management Perspectives*, 20(2), 5-20.
- McCarthy, D., & Rich, D. (2004). 2-Lean TPM. *Lean TPM*, 24-48.
- Melton, T. (2005). What Lean Thinking has to Offer the Process Industries. 662-673.
- Moen, R., & Norman, C. (2006). *Evolution of the PDCA*. Obtido em 30 de 09 de 2018, de http://www.uoc.cw/financesite/images/stories/NA01_Moen_Norman_fullpaper.pdf
- Mostafa, S., Dumrak, J., & Soltan, H. (2015). Lean maintenance roadmap. *Procedia manufacturing*, 2, 434-444.
- Murça, V. A. (2012). *Aplicação da filosofia Lean na área da manutenção. Dissertação de Mestrado*. Lisboa.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge: Productivity Press.

- Neto, T. C. (12 de Junho de 2017). *A história da evolução do sistema de gestão de Manutenção*. Obtido em 04 de 01 de 2021, de <https://www.webartigos.com>
- Nicolau, L. M. (2015). *FMEA do Processo de Comunicação/Informação no Lançamento de um Novo Modelo Automóvel*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico, Lisboa.
- NP EN 13306. (2007). *Terminologia de manutenção*. Instituto Português da Qualidade.
- NP EN 15341. (2009). *Indicadores de desempenho da manutenção*. Instituto português da qualidade.
- Ohno, T. (1988). *The Toyota production system: beyond large scale-production*. New York, USA: Productivity Press.
- Omogbai, O. (2017). The implementation of 5S lean tool using system dynamics approach. *27th CIRP Design 2017* (pp. 380-385). Bedfordshire, England: Elsevier.
- Pacheco, A. P., Salles, B. W., Garcia, M. A., & Possamai, O. (2012). O Ciclo PDCA na gestão do conhecimento: Uma abordagem Sistêmica. *Programa de Pós Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento*. Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Brasil.
- Parry, G. C., & Turner, C. E. (2006). Application of lean visual process management tools. *Journal Production planning & control*, 77-86.
- Pavnaskar, S. J., Gershenson, J., & Jambekar, A. (2003). Classification scheme for lean manufacturing tools. *International Journal of Production Research*, 3075-3090.
- Pedrosa, B. M. (2014). *Análise de modos de Falha e seus efeitos (FMEA) aplicada a um secador industrial*. Dissertação de Mestrado, Instituto superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa.
- Pereira, P. M. (2009). Planos de Manutenção preventiva Manutenção de Equipamentos Variáveis na BA Vidro, SA. *Projeto de dissertação em Empresa*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto.
- Pinto, J. P. (2013). *Manutenção Lean*. Lisboa: Lidel.
- Pinto, J. P. (2014). *Pensamento Lean* (6ª Edição ed.). Lisboa: Lidel.
- Pinto, V. M. (1994). *Gestão da Manutenção*. Lisboa: IAPMEI.
- Puvanasvaran, A., Mei, C., & Alagendran, V. (2013). Overall Equipment Efficiency Improvement Using Time Study in an Aerospace Industry. *Procedia Engineering*, 68, 271-277.
- Rodrigues, M., & Hatakeyama, K. (2006). Analysis of the fall of TPM in companies. *Journal of Materials Processing Technology*, 276-279.
- Shingo, S. (1981). *Study of Toyota Production System - from an industrial engineering viewpoint*. New York. USA: Productivity Press.
- Silva, M. D. (2014). *Abordagem Lean à Gestão da manutenção e Energia de uma Indústria de Bebidas Caso prático Sumol+Compal*. Coimbra.
- Smith, R., & Hawkins, B. (2004). *Lean Maintenance. Reduce costs, Improve Quality and increase market share*. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann.

- Stamatis, D. H. (2003). *Failure mode and effect analysis: FMEA from theory to execution*. Quality Press.
- Steenkamp, L., Hagedorn-Hansen, D., & Oosthuizen, G. (2017). Visual management system to manage manufacturing resources. *Procedia Manufacturing*, 455-462.
- Stevenson, W. J. (2002). *Operations Management*. Nova York: McGraw-HillIrwin.
- Teehan, R., & Tucker, W. (2010). A simplified Lean method to capture customer voice. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 175-188.
- Tsao, C., Tommelein, I., Swanlund, E., & Howell, G. (2000). Case study for work structuring: Instalation of metal door frames. *In Proc. Eighth Annual Conference of the Internacional Group for Lean Construction*, (pp. 17-19). Brighton, U.K.
- Tyagi, S., Cai, X., Yang, K., & Chambers, T. (2015). Lean tools and methods to support efficient kowledge creation. *International Journal of information management*, 204-214.
- Venkatesh, J. (2007). An introduction to total productive maintenance (TPM). *The plant maintenance resource center*, 3-20.
- Veres, C., Marian, L., Moica, S., & Al-Akel, K. (2018). Case study concerning 5S method impact in an automotive company. Em P. Manufacturing (Ed.), *11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2017*, (pp. 900-905). Romania.
- Womack, J., & Jones, T. (2003). *Lean Thinking, Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. London: Simon & Shuster.
- Womack., J. P., Jones., D. T., & Roos, D. (1990). *The Machine That Changed the World*. New York, EUA: Free Press.