



# Implementação de um plano de manutenção numa linha de processamento de cortiça

FELICIANO ANDRÉ BESSA LAGOS

novembro de 2019

# IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO NUMA LINHA DE PROCESSAMENTO DE CORTIÇA

André Bessa Lagos

1120784

**2019**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica





# IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO NUMA LINHA DE PROCESSAMENTO DE CORTIÇA

André Bessa Lagos

1120784

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho e coorientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva.

**2019**

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica





# JÚRI

## **Presidente**

Doutor João Augusto de Sousa Bastos

Professor Adjunto, ISEP

## **Orientador**

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, ISEP

## **Coorientador**

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, ISEP

## **Arguente**

Doutora Ana Margarida Araújo Barros Fonseca

Professor Associado, UFP



## AGRADECIMENTOS

Nesta fase de encerramento de ciclo académico, gostaria de deixar os meus mais sinceros agradecimentos ao Professor Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho e ao Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva pela orientação ao longo da realização do trabalho e por todo o apoio disponibilizado para a sua conclusão.

Ao Eng.º Filipe Santos e ao Eng.º Bruno Pires pelo conhecimento transmitido e orientação do trabalho assim como toda a ajuda disponibilizada para a sua realização.

Ao meu amigo Eng.º André Silva pelos seus conselhos e por toda a força que me deu, sem ele este trabalho não tinha acontecido.

Aos meus sogros Paula Lima e António Lima por todo o suporte que me deram. A eles devo, em parte, a conclusão deste percurso.

E em especial à mãe do meu filho Rafaela Lima pelo apoio incondicional e toda a paciência e trabalho que teve comigo, assim como pela minha falta de disponibilidade que lhe causei ao longo desta jornada.



## **PALAVRAS CHAVE**

Gestão da Manutenção, Manutenção Autônoma, Manutenção Preventiva, Disponibilidade, Manutenção Produtiva Total, Cortiça.

## **RESUMO**

O projeto foi desenvolvido em ambiente industrial, numa empresa do ramo da cortiça, dedicada a valorizar esta matéria-prima, desenvolvendo soluções com compósitos sustentáveis para múltiplas aplicações. Este encontra-se inserido na esfera de um projeto piloto, cujo principal objetivo consiste em promover boas práticas de manutenção preventiva, em conjunto com a equipa da Unidade Industrial de Trituração.

O objetivo geral deste projeto é colocar de novo em prática a manutenção preventiva na Unidade Industrial mencionada e aplicar melhorias nos planos já existentes com o intuito de diminuir a taxa de indisponibilidade dos equipamentos de produção presentes na fábrica. Os objetivos específicos passam por aplicar melhorias nos procedimentos existentes na Unidade Industrial de Trituração, realizar uma análise crítica dos processos de manutenção dos equipamentos, propor melhorias no processo de manutenção, determinar a frequência ideal para possíveis intervenções programadas e, por fim, criar um plano de manutenção preventiva e implementá-lo na Unidade Industrial.

Os planos de manutenção têm como finalidade detalhar todas as atividades da manutenção programada, designadamente inspeções, atividades de manutenção preventiva, preditiva e curativa, mediante as suas prioridades. Porém, os planos de manutenção definem unicamente o que deve ser feito e em que condições. Mediante essa situação, e para que as tarefas de manutenção sejam bem desenvolvidas, deve ser explicado como cada uma delas deve ser realizada. Importa que a participação das pessoas nessas funções seja ativa, tendo início nas tarefas que se consideram mais críticas. Em suma, fica ao encargo da manutenção encontrar o compromisso mais razoável compatível com os objetivos da empresa e orientar por eles as suas decisões futuras.



**KEYWORDS**

*Maintenance Management, Autonomous Maintenance, Preventive Maintenance, Availability, Total Productive Maintenance, Cork.*

**ABSTRACT**

The project was developed in an industrial environment by a cork company dedicated to valuing this raw material, developing solutions with sustainable composites for multiple applications. This is part of a pilot project, whose main objective is to promote good preventive maintenance practices, together with the team of the Industrial Shredding Unit.

The overall objective of this project is to put preventive maintenance back into practice at the mentioned Industrial Unit and to apply improvements to existing plans in order to reduce the unavailability rate of the production equipment present in the factory. The specific objectives are to apply improvements to existing procedures at the Industrial Shredding Unit, perform a critical analysis of equipment maintenance processes, propose improvements to the maintenance process, determine the optimal frequency for possible scheduled interventions and, finally, create a plan. preventive maintenance and implement it in the Industrial Unit.

Maintenance plans are intended to detail all scheduled maintenance activities, including inspections, preventive, predictive and curative maintenance activities, according to their priorities. However, maintenance plans only define what should be done and under what conditions. Given this situation, and for maintenance tasks to be well developed, it should be explained how each of them should be performed. It is important for people's participation in these roles to be active, starting with the tasks they consider most critical. In short, it is up to maintenance to find the most reasonable compromise that is compatible with the company's objectives and to guide their future decisions by them.



---

## LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

### Lista de Abreviaturas

---

ESA	<i>European Space Agency</i>
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
IPQ	Instituto Português da Qualidade
MDT	Moinho Destroçador
MFA	Moinho de Facas
MIM	Moinho de Impacto
MTBF	<i>Mean Time between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time to Repair</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
SEC	Secador
TPM	<i>Total Productive Maintenance / Manutenção Produtiva Total</i>
TPS	<i>Thermal Protection Systems</i>

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura organizacional da empresa .....	4
Figura 2 - Evolução da Manutenção (adaptado de Moubray, 2000) .....	9
Figura 3 - Principais objetivos da manutenção (adaptado de Pinto, 2013) .....	12
Figura 4 - Tipos de manutenção (Pinto, 2004) .....	14
Figura 5 - Manutenção corretiva (adaptado de Brito e Eurisko, 2003) .....	16
Figura 6 – Cálculo OEE (adaptado de www.oeec.com) .....	19
Figura 7 – Curva da banheira (adaptado de Pitéu, 2011) .....	21
Figura 8 - Custo da manutenção (Marcorin e Lima, 2003) .....	23
Figura 9 - Tempo ótimo de substituição (adaptado de Amaral, 2016) .....	24
Figura 10 – Ciclo PCDA (Faria e Nóvoa, 2012) .....	25
Figura 11 - Ishikawa Diagram (adaptado de Amaral, 2016) .....	27
Figura 12 – Exemplo de diagrama FMEA (adaptado de Faria e Nóvoa, 2012) .....	27
Figura 13 - Degradação das tubagens (a) e desorganização das ferramentas de trabalho (b) .....	33
Figura 14 - Análise SWOT ao Sector da Manutenção .....	35
Figura 15 - Curva ABC (adaptado de Amaral, 2016) .....	38
Figura 16 – Horas Dispensadas em Manutenções Corretivas vs. Manutenções Preventivas .....	39
Figura 17 - Criticidade dos equipamentos .....	40
Figura 18 - Análise <i>Ishikawa</i> .....	42
Figura 19 - Fluxograma da produção de granulado.....	44

---

Figura 20 - Isolamento do pavilhão .....	46
Figura 21 - Isolamento dos quadros elétricos .....	46
Figura 22 - Desgaste dos equipamentos .....	47
Figura 23 - Contaminação Anteriores Purgas .....	48
Figura 24 - Carro de purgas .....	48
Figura 25 - Reposição das tubagens .....	49
Figura 26 - Reparação das tubagens.....	50
Figura 27 - Secador .....	51
Figura 28 - Melhoria aplicada no equipamento .....	51
Figura 29 - Seleção e organização das ferramentas .....	52
Figura 30 – Organização das ferramentas .....	52
Figura 31 – Segurança .....	53
Figura 32 – Criação de armazém das ferramentas necessárias.....	54
Figura 33 - Codificação dos equipamentos.....	54
Figura 34 – Implementação de rotas de manutenção autónoma .....	56
Figura 35 - Ponto de Lubrificação .....	57
Figura 36 – OPL do reservatório de óleo .....	58
Figura 37 - Melhoria nos peneiros.....	59
Figura 38 - Base de dados de características dos equipamentos .....	59
Figura 39 – Base de dados dos kits de intervenção .....	60
Figura 40 - Ferramenta de pedidos de manutenção .....	61
Figura 41 - Diagrama de preparação de kits.....	62

---

---

Figura 42 - Registo de manutenção preventiva.....	63
Figura 43 - Diagrama de criação de <i>dashboards</i> .....	63
Figura 44 - Exemplo de <i>dashboard</i> Power BI (adaptado de <a href="https://powerbi.microsoft.com">powerbi.microsoft.com</a> ) .....	64



---

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Oito Pilares do TPM (adaptado de Pinto, 2013) .....	18
Tabela 2 – Descrição dos 5 S (adaptado de Faria e Nóvoa, 2012) .....	26



# ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO .....	3
1.1	Enquadramento no contexto empresarial .....	3
1.2	Objetivos .....	4
1.3	Metodologia adotada.....	4
1.4	Estrutura.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	9
2.1	História da manutenção.....	9
2.1.1	Definição de manutenção .....	11
2.1.2	Objetivos da manutenção .....	12
2.1.3	Importância da manutenção .....	13
2.1.4	Aplicabilidade da manutenção .....	13
2.2	Tipos de manutenção.....	13
2.2.1	Manutenção preditiva .....	14
2.2.2	Manutenção preventiva .....	15
2.2.3	Manutenção corretiva.....	16
2.2.4	RCM - Reliability Centered Maintenance .....	17
2.3	TPM - Manutenção Produtiva Total.....	17
2.3.1	OEE – Overall Equipment Efficiency .....	18
2.4	Normas de manutenção.....	19

---

2.5	Indicadores de desempenho.....	20
2.5.1	Taxa de avarias.....	20
2.5.2	MTBF - Mean Time Between Failures .....	21
2.5.3	MTTR - Mean Time to Repair .....	22
2.5.4	Disponibilidade.....	22
2.6	Custos da manutenção.....	22
2.6.1	Benefícios de investimento na manutenção .....	24
2.7	Ferramentas de melhoria contínua.....	25
2.7.1	Ciclo PDCA .....	25
2.7.2	5 S.....	26
2.7.3	Diagrama <i>Ishikawa</i> .....	26
2.7.4	FMEA - Failure Modes and Effects Analysis.....	27
3	DESENVOLVIMENTO.....	31
3.1	Caraterização da empresa.....	31
3.2	Objetivo do trabalho .....	32
3.3	Caracterização do problema .....	33
3.3.1	Desorganização e degradação de ferramentas de trabalho .....	33
3.3.2	Análise de registo de avarias.....	34
3.3.3	Adequabilidade de cada tipo de manutenção aos equipamentos de moagem .....	34
3.3.4	Análise SWOT às formas de manutenção neste sector .....	35
3.4	Funcionamento prévio ao plano de manutenção.....	35
3.5	Benefícios e custos.....	36

---

---

3.6	Análise ABC - Equipamentos críticos.....	38
3.6.1	Análise <i>Ishikawa</i> dos equipamentos de trituração .....	41
3.6.2	Resultado da análise <i>Ishikawa</i> .....	43
3.7	Melhoria do processo produtivo.....	43
3.7.1	Caracterização do processo.....	43
3.7.2	Implementação de soluções.....	44
3.7.2.1	Contenção de Resíduos.....	45
3.7.2.2	Reposição das condições iniciais dos equipamentos.....	47
3.7.2.3	Melhoria de secador .....	50
3.7.2.4	Otimização do Local de Trabalho.....	52
3.7.2.5	Gestão visual.....	53
3.7.2.6	Codificação de equipamentos imóveis .....	54
3.7.3	Manutenção autónoma.....	55
3.7.3.1	Ajuste de Equipamentos .....	58
3.7.4	Manutenção preventiva .....	59
3.7.4.1	Funcionamento posterior ao plano de manutenção .....	59
3.7.4.2	Criação de ferramenta informática de minimização de tempos de pedidos.....	60
3.7.4.3	Criação de ferramenta informática de indicadores de manutenção preventiva.....	62
4	CONCLUSÕES.....	67
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	73
6	ANEXOS .....	77

---

---

6.1	ANEXO 1 .....	78
6.2	ANEXO2 .....	79

# INTRODUÇÃO

- 1.1 Enquadramento no contexto empresarial
- 1.2 Objetivos
- 1.3 Metodologia adotada
- 1.4 Estrutura



---

# 1 INTRODUÇÃO

O presente documento constitui o projeto de dissertação desenvolvido no âmbito do Mestrado de Engenharia Mecânica – Gestão Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto.

Neste capítulo será apresentada uma descrição introdutória do contexto e conteúdos do projeto, assim como o seu enquadramento de acordo com a área de atividade e realidade industrial da entidade empresarial onde foi desenvolvido.

Para seguir a lógica de leitura do trabalho realizado, neste primeiro capítulo são apresentados os objetivos do mesmo, bem como a sua estrutura global e metodologia utilizada.

## 1.1 Enquadramento no contexto empresarial

O trabalho aqui apresentado foi desenvolvido junto do Departamento de Manutenção de uma organização que tem como ocupação central a produção de aglomerados de cortiça.

Este trabalho encontra-se inserido no âmbito de um projeto piloto, cujo objetivo consiste em promover boas práticas de manutenção preventiva, em conjunto com a equipa da Unidade Industrial interessada, a Unidade Industrial da Trituração.

O emergir deste projeto é uma consequência da necessidade de superar dificuldades e colmatar lacunas sentidas a diferentes níveis, tais como a reestruturação e readaptação de espaços laborais e a padronização de métodos de trabalho. Isto é, este projeto é o resultado da realidade atual da manutenção na fábrica, onde as intervenções a nível de manutenção preventiva são escassas. O mesmo acontece em algumas Unidades Industriais, onde são raras as ações ao nível de manutenção autónoma, como é o caso da Unidade Industrial intervencionada.

O esquema apresentado (Figura 1) exibe a estrutura organizacional existente na empresa de acolhimento, destacando-se o Departamento de Manutenção, agente propulsor do trabalho desenvolvido.

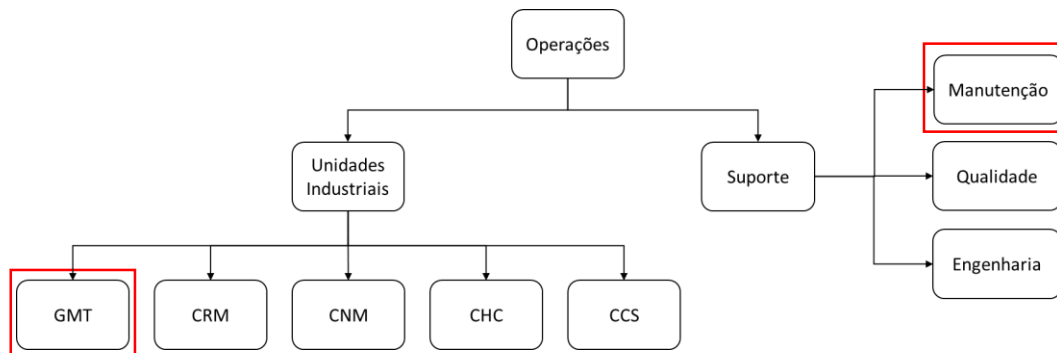


Figura 1 - Estrutura organizacional da empresa

## 1.2 Objetivos

O objetivo geral deste projeto é colocar de novo em prática a manutenção preventiva na Unidade Industrial de Trituração e aplicar melhorias nos planos já existentes com o intuito de diminuir a taxa de indisponibilidade dos equipamentos de produção presentes na fábrica.

De uma forma mais detalhada, os objetivos são os seguintes:

- Melhoria nos procedimentos existentes na Unidade Industrial de Trituração;
- Análise crítica dos processos de manutenção dos equipamentos;
- Proposta de melhorias para o processo de manutenção;
- Determinação de frequência ideal para possíveis intervenções programadas;
- Criação do plano de manutenção preventiva e implementação na Unidade Industrial de Trituração.

## 1.3 Metodologia adotada

Neste capítulo será apresentada a metodologia adotada para o desenvolvimento do trabalho realizado ao longo da dissertação de mestrado.

---

Resumidamente, para a elaboração da presente dissertação, foram colocadas em prática as seguintes ações:

- Aplicação dos 5S na Unidade Industrial de Trituração;
- Implementação da Manutenção Autónoma;
- Levantamento dos registos de avarias dos equipamentos;
- Levantamento das *spare parts* dos equipamentos;
- Implementação da Manutenção Preventiva;
- Elaboração de sugestões de melhoria que possam contribuir para a redução do número de ocorrências dessas avarias.

#### 1.4 Estrutura

Como estrutura global, a dissertação que se segue é constituída pelo presente capítulo, uma introdução ao seu âmbito, onde se expõe o seu enquadramento de acordo com a realidade industrial onde se insere e se abordam as metodologias utilizadas para desenvolver o seu conteúdo.

De seguida, apresenta-se uma breve exposição dos fundamentos teóricos que sustentam o trabalho desenvolvido, sob o ponto de vista das ferramentas utilizadas e segundo as ideologias dos sistemas de produção *Lean*.

Após a revisão de literatura, surge uma exposição do caso de estudo inicial. Nesta secção é feita uma análise que incide no mapeamento de processos no sentido de facilitar o levantamento de situações de potencial melhoria, assim como uma análise a um conjunto de métricas, já existentes, que quantifiquem o ponto de situação encontrado.

Posteriormente, são apresentados os métodos e soluções implementadas, e propostas para a resolução das oportunidades de melhoria detetadas. Apresentam-se, também, os resultados do trabalho desenvolvido.

Por fim, são apresentadas conclusões e sugestões de trabalhos futuros.



# REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

- 2.1 História da manutenção
- 2.2 Tipos de manutenção
- 2.3 TPM - Manutenção Produtiva Total
- 2.4 Normas de manutenção
- 2.5 Indicadores de desempenho
- 2.6 Custos da manutenção
- 2.7 Ferramentas de melhoria contínua



## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Primeiramente, serão apresentadas as principais definições relacionadas com a manutenção e, de seguida, efetuada a relação entre os seus objetivos e a sua importância no ambiente industrial. Serão também referidos os diferentes modelos de manutenção, metodologias de suporte à gestão de manutenção e softwares utilizados neste âmbito.

### 2.1 História da manutenção

O conceito de manutenção não foi algo que se manteve estático no decorrer dos tempos. Segundo a norma NP EN 13306 de 2007 (Instituto Português da Qualidade (IPQ), 2007), a manutenção é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante um ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele possa desempenhar a função requerida.

Este conceito apresentou diferentes fases consoante o grau de progresso tecnológico e da influência das máquinas e equipamentos na economia. A partir da década de 30, a manutenção tem passado por diversas transformações, podendo ser dividida em três gerações (Figura 2) (Pinto e Nascif, 2001).

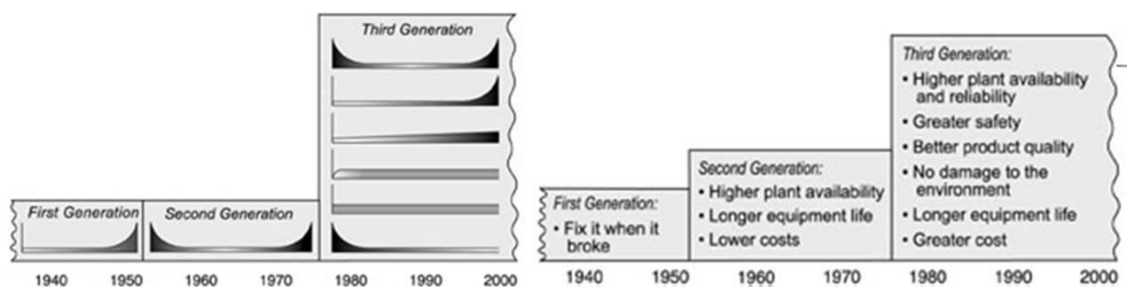


Figura 2 - Evolução da Manutenção (adaptado de Moubray, 2000)

---

A primeira geração abrange o período anterior à Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada e os equipamentos eram simples. Aliado a tudo isso, devido à conjuntura económica da época, a questão da produtividade não era prioritária. Consequentemente, não era necessária uma manutenção sistematizada, apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparo após a quebra, ou seja, a manutenção era fundamentalmente corretiva (Pinto e Nascif, 2001).

A segunda geração encontra-se compreendida entre a Segunda Guerra Mundial e meados dos anos 60. As pressões do período da guerra aumentaram a procura por todo o tipo de produtos, ao mesmo tempo que a mão-de-obra industrial diminuiu. Como consequência, neste período houve um forte aumento da mecanização, bem como da complexidade das instalações industriais. Durante este período, evidencia-se a necessidade de uma maior disponibilidade, bem como maior confiabilidade, tudo isso na procura de uma maior produtividade, pois a indústria estava bastante dependente do bom funcionamento das máquinas. Isto levou à ideia de que falhas dos equipamentos poderiam e deveriam ser evitadas, o que resultou no conceito de manutenção preventiva. Na década de 60 esta manutenção consistia em intervenções nos equipamentos feitas com intervalo de tempo fixo. O custo da manutenção também começou a aumentar comparativamente a outros custos operacionais. Esse dado fez aumentar os sistemas de planeamento e controlo de manutenção que são hoje parte integrante da manutenção moderna. Por fim, as quantidades de capital investido em itens físicos, juntamente com o claro aumento do custo deste capital, levaram as pessoas a procurar meios para aumentar a vida útil dos equipamentos (Pinto e Nascif, 2001).

Por fim, a partir da década de 70, durante a terceira geração, o processo de mudança nas indústrias acelerou. A paralisação da produção, que diminui a capacidade de produção e, consequentemente, aumenta os custos e afeta a qualidade dos produtos, era uma preocupação generalizada. Na manufatura, os efeitos dos períodos de paralisação agravaram-se pela tendência mundial de se utilizar sistemas “*just-in-time*”, onde os reduzidos *stocks* reduzidos para a produção em curso significavam que pequenas pausas na produção/entrega naquele momento poderiam paralisar a fábrica. O crescimento da automação e da mecanização passou a indiciar que a confiabilidade e disponibilidade tornaram-se pontos-chave em setores tão distintos quanto saúde, processamento de dados, telecomunicações, entre outros. Também é possível afirmar que recorrer a uma maior automação, também significa que falhas cada vez mais frequentes irão afetar a capacidade de manter os padrões de qualidade estabelecidos. Isto aplica-se tanto aos padrões do serviço quanto à qualidade do produto. Por exemplo,

---

falhas nos equipamentos podem afetar o controlo climático em edifícios e a pontualidade de redes de transporte. Cada vez mais, as falhas provocam sérias consequências na segurança e no meio ambiente, precisamente num momento em que os padrões de exigência nessas áreas aumentam a cada dia. Na terceira geração também se reforçou o conceito da manutenção preditiva (Pinto e Nascif, 2001).

### 2.1.1 Definição de manutenção

A manutenção é uma atividade de carácter estratégico das organizações, diretamente responsável pela disponibilidade dos ativos, revelando grande importância nos resultados da empresa. Tendencialmente, estes resultados serão tanto melhores quanto mais eficaz for a gestão de manutenção adotada. Esta função, quando bem implementada, oferece ferramentas cujo objetivo é reduzir os custos associados e incrementar os benefícios, sendo que uma boa gestão da mesma presenteia as organizações com um status de excelência operacional.

Segundo Marcorin e Lima (2003), a manutenção tem procurado novos modelos de abordagem, técnicos e administrativos, uma vez que as exigências de mercado fazem sobressair as limitações dos atuais sistemas de gestão.

A manutenção está diretamente relacionada com o processo de falha dos equipamentos. Posto isto, a função da manutenção passa por conhecer e dominar estes processos e conseguir antecipar quando e como intervir para satisfazer as necessidades dos operadores.

De acordo com Pinto e Nascif (2001), a manutenção não pode ser apenas eficiente, tem de se tornar também eficaz, isto é, não basta apenas reparar o equipamento com a máxima rapidez, mas importa também manter a função do equipamento disponível para a operação, evitando a falha deste e reduzindo os riscos de uma paragem não planeada.

Já Ferreira (1998) interpreta a manutenção como sendo um conjunto de ações que permitem manter ou restabelecer um bem num estado específico ou com possibilidade de assegurar um determinado serviço. Ou seja, *“(...) uma boa manutenção é assegurar estas operações por um custo global mínimo.”*

A norma portuguesa expõe o conceito de manutenção como *“combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida.”* (Norma Portuguesa - Guia para a implementação de gestão da manutenção, 2009).

Para concluir, Ferreira (1998) afirma que a manutenção começa muito antes da primeira avaria num equipamento, ou seja, logo na fase do projeto do equipamento na instalação industrial.

É ainda esperado que a equipa de manutenção participe ativamente na instalação ou manuseamento de uma máquina ou equipamento, tendo como missão a vigilância permanente ou periódica, a realização de ações de reparação, assim como de ações preventivas.

### 2.1.2 Objetivos da manutenção

Segundo Stevenson (2002), o objetivo da manutenção é manter o sistema de produção em pleno funcionamento pelos mínimos custos. Este autor também identifica várias razões para manter os equipamentos em bom funcionamento e evitar paragens por avaria, que serão posteriormente enumeradas. Mais tarde, Cabral (2006) reconhece que os objetivos da manutenção industrial têm de estar ligados aos objetivos globais da empresa, pois a manutenção afeta diretamente a rentabilidade do processo produtivo, isto é, apesar de melhorar o desempenho e disponibilidade dos equipamentos, acresce aos custos de funcionamento. Pinto (2013) define os objetivos da manutenção industrial de forma semelhante a Cabral (2006), assumindo que um dos objetivos prioritários é a maximização da disponibilidade. A Figura 3 apresenta os principais objetivos da manutenção propostos por Pinto (2013). Este refere que são quase todos incompatíveis entre si, pelo que é impossível otimizá-los paralelamente, estando os responsáveis pela gestão da manutenção incumbidos de encontrar a melhor relação entre os mesmos, de forma a servir os interesses da empresa.

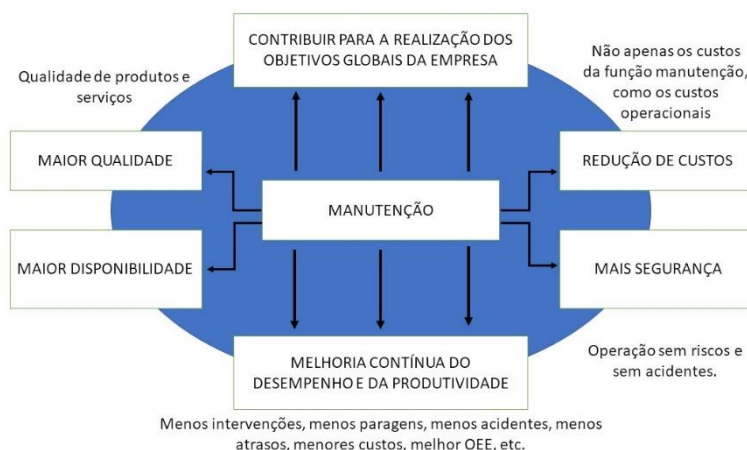


Figura 3 - Principais objetivos da manutenção (adaptado de Pinto, 2013)

### 2.1.3 Importância da manutenção

Segundo Pinto (2004), a importância da manutenção assenta em três razões principais: económicas, legais e sociais.

As razões económicas prendem-se com a obtenção do rendimento máximo dos investimentos feitos nas instalações e equipamentos, prolongando a sua vida útil e mantendo-os em operação o máximo tempo possível. A redução dos desperdícios, as rejeições e reclamações são também tidas em conta.

As razões legais conduzem à prevenção de situações que possam constituir um fator de insegurança, tais como, risco de acidente individual ou coletivo.

Quanto às questões sociais, a preservação da imagem da empresa pode justificar a adoção de medidas de manutenção adequadas.

### 2.1.4 Aplicabilidade da manutenção

Numa organização, independentemente dos equipamentos utilizados, é sempre importante assegurar a operacionalidade dos mesmos, pelas implicações que estes têm na garantia de prestação de serviços e consequentemente na geração de riqueza. Desta forma, a manutenção procura uma boa conservação e manutenção, ter um bom nível de organização e operacionalidade e, como já foi referido, numa perspetiva de gestão integrada, ter a capacidade para atuar ativamente com outras funções da empresa. Ao mesmo tempo presta um significativo contributo na obtenção da máxima produtividade com custos mínimos e garante um nível de qualidade elevado (Pinto, 2004).

Segundo Ferreira (1998), a importância da função manutenção numa empresa é associada à disponibilidade de equipamentos produtivos, isto é, à capacidade de estes estarem operacionais nos períodos de trabalho pretendidos. É a manutenção que irá garantir a disponibilidade dos equipamentos, que se comporta como um fator essencial para cumprir os compromissos assumidos e garantir o nível de produtividade.

## 2.2 Tipos de manutenção

Segundo Pinto (2004), a forma mais remota de manutenção conhecida consiste em deixar funcionar o equipamento até à ocorrência de uma avaria para posteriormente se proceder à reparação, sendo este tipo de manutenção denominado por manutenção resolutive, curativa ou corretiva. Por reagir ao acontecimento depois da sua ocorrência,

designa-se por manutenção do tipo reativo. Este tipo de manutenção é uma técnica que será sempre usada, pelo menos enquanto não houver meios para prevenir a ocorrência da avaria, como acontece na maioria dos equipamentos eletrónicos. A manutenção corretiva apresenta alguns inconvenientes, como o facto de exigir a formação de *stocks*, obrigar o recurso frequente a trabalho extraordinário, alongar os tempos de paragem, e ainda não permitir o planeamento de imobilização das máquinas.



Figura 4 - Tipos de manutenção (Pinto, 2004)

Posteriormente, outras técnicas de manutenção surgiram, designadamente as proactivas, por agirem antes da ocorrência da avaria. Destas fazem parte a manutenção preventiva, a manutenção preditiva ou condicionada e a manutenção melhorada (Figura 4).

### 2.2.1 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva analisa a condição de funcionamento de um ou vários equipamentos. Este estudo de desempenho do equipamento possibilita que futuramente seja conhecida a necessidade de intervenções. Esta ação ocorre, por norma, antes da manutenção preventiva (Filho, 1996).

Este tipo de intervenção é regido por um acompanhamento das variáveis que indicam o desempenho dos equipamentos, visando a necessidade imediata, ou não, de intervenção. É executada em intervalos pré-determinados e destina-se fundamentalmente à redução da probabilidade da falha/avaría.

Este método é usado em conformidade com a manutenção corretiva planeada, possibilitando que os equipamentos operem por mais tempo e a intervenção aplicada seja baseada em dados e não em suposições (Lima et al., 2008).

Mirshawka (1991) refere que esta técnica traz grandes benefícios, sendo capaz de prevenir falhas com antecedência suficiente para que os equipamentos sejam desativados em segurança, reduzindo assim os acidentes e interrupções do sistema produtivo. Desta forma, são melhoradas as condições de operação dos equipamentos, pois é aumentado o seu rendimento e produtividade obtendo um menor desgaste dos mesmos.

A manutenção preditiva é um tipo de manutenção de equipamentos baseado na detecção, através da monitorização e medição de parâmetros, das condições de um equipamento, até que sejam atingidos determinados limites de deterioração pretendidos. Esta manutenção auxilia no diagnóstico dos problemas, contribuindo para evitar avarias inesperadas. O custo pode ser otimizado, pois a troca de componentes apenas é realizada no momento mais adequado, ou seja, os componentes são substituídos antes que a avaria ocorra (Cabral, 2004).

Uma mais-valia deste tipo de manutenção é a possibilidade de os equipamentos poderem ser utilizados por quase toda a sua vida útil, sem que se verifique alguma avaria grave inesperada e sem pôr em causa a produção.

### 2.2.2 Manutenção preventiva

Tal como o nome refere, a manutenção preventiva abrange toda a ação de inspeção, com o objetivo de identificar possíveis falhas antes de estas acontecerem, para garantir que não ocorram interrupções inesperadas do equipamento. É uma técnica que visa reduzir as falhas/avarias, obedecendo a um planeamento baseado em períodos estabelecidos de tempo (Cabral, 2004).

Este tipo de intervenção apresenta uma melhor eficácia quando os intervalos de tempo estão determinados. Consequentemente, a sua prática pode ser considerada uma menos valia, ou seja, pode ocorrer uma tendência natural para se realizarem intervenções em períodos de tempo menores, contribuindo para uma eventual troca desnecessária de peças, bem como a reparação de máquinas que não estejam avariadas.

Dentro deste tipo de manutenção é possível referir a manutenção sistemática. Esta é prestada em intervalos regulares, nomeadamente, quilómetros, horas de funcionamento, ciclos de operação, entre outros (Filho, 1996).

Resumindo, a manutenção preventiva pode impedir o sistema de avariar. Este tipo de manutenção previne ainda avarias mais onerosas e permite que a manutenção seja um processo mais facilitado e previsível. No fundo é um método cuja intervenção é realizada

e planeada com a antecedência necessária a fim de evitar a falha, devendo sempre existir uma complementaridade curativa-preventiva tendo em conta o custo mínimo.

### 2.2.3 Manutenção corretiva

Este tipo de manutenção verifica-se quando um determinado equipamento já demonstrou algum tipo de falha e precisa de ser reparado. Torna-se um processo dispendioso pois, normalmente, obriga à paragem da produção para reparação do mesmo. A manutenção corretiva pode ser compreendida como uma correção da falha ou de um desempenho menor que o esperado (Figura 5), podendo ser dividida em duas fases: manutenção corretiva não planeada e manutenção corretiva planeada.

A manutenção corretiva não planeada refere-se à correção da falha de forma aleatória, ou seja, após a sua ocorrência espera-se que seja corrigida. Esta manutenção implica custos elevados, uma vez que acarreta perdas de produção significativas e, como consequência, os equipamentos podem apresentar danos considerados graves (Ferreira, 1998). Basicamente, este tipo de intervenção refere-se a trabalhos de reparação de avarias que surgem sem qualquer aviso prévio e cuja oportunidade de intervenção não pode ter sido decidida anteriormente.

A manutenção corretiva planeada é um tipo de manutenção em que a correção é feita de forma planeada, ou seja, antes de ocorrer a falha. Este tipo de manutenção tem um menor custo, sendo igualmente mais seguro e mais rápido.

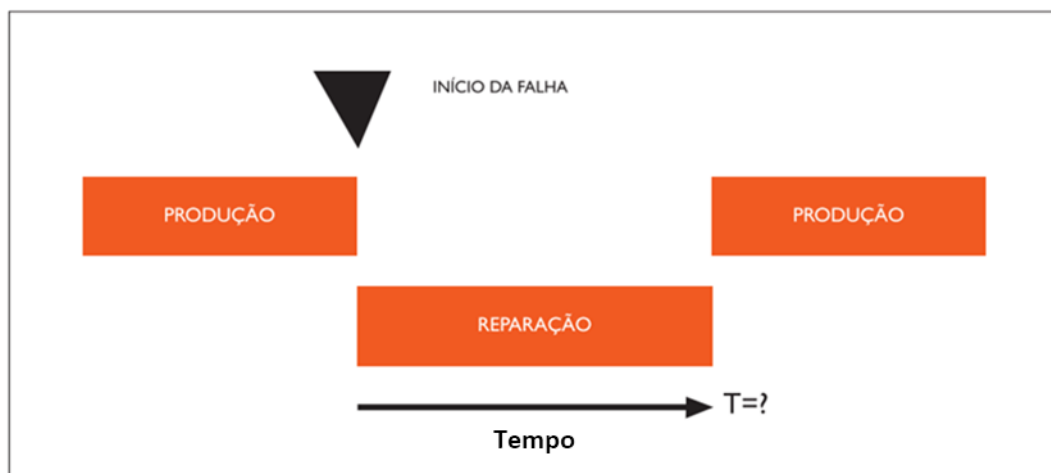


Figura 5 - Manutenção corretiva (adaptado de Brito e Eurisko, 2003)

#### 2.2.4 RCM - Reliability Centered Maintenance

O tipo de manutenção *Reliability Centered Maintenance* (RCM) foi desenvolvido motivado pela indústria aeronáutica americana e, a partir dos anos oitenta, viria a ser aplicado ao setor industrial. Este modelo recomenda uma metodologia própria para determinar as políticas de manutenção que devem ser aplicadas aos equipamentos. Estes devem ser considerados no seu contexto operacional, criando uma base de critérios de fiabilidade que decorrem da análise sistemática das avarias através da aplicação de métodos mais específicos, tais como o *Failure Mode Effects and Analysis* (FMEA).

O modelo RCM tem como objetivo a otimização do binómio custo/eficácia da manutenção efetuando uma combinação dos fatores que conduzam a níveis elevados de segurança, das instalações, do pessoal, do meio ambiente e essencialmente da disponibilidade dos equipamentos para a produção (Moubray, 1997).

Basicamente, como afirma Cabral (2004), o RCM promove a aplicação de políticas de manutenção fundamentadas no conhecimento das funções do equipamento no contexto em que está a operar, assim como no conhecimento dos seus tipos de avarias e dos seus efeitos e conseqüências, não apenas para a produção, mas igualmente na segurança das pessoas, bens e meio ambiente.

#### 2.3 TPM - Manutenção Produtiva Total

A Manutenção Produtiva Total, tradução de *Total Productive Maintenance* (TPM), é uma filosofia com origem no Japão, na década de 1970 e que, segundo Nakajima (2006), nasce da combinação do conceito de *Productive Maintenance* com um grupo de pequenas atividades. Nakajima (2006) refere que a *Productive Maintenance* é a junção dos conceitos de *Corrective Maintenance* e *Maintenance Prevention*, já utilizados no continente americano e importados pelos nipónicos na década de sessenta. O grupo de atividades que, juntamente com o conceito de *Productive Maintenance* origina a filosofia TPM, foi desenvolvido no Japão e é composto por: Círculos de Controlo da Qualidade, Grupos Zero-Defect, Programas Jishu Kanri e Campanhas de Zero Acidentes.

Este modelo tem por base o conceito do ciclo de vida dos equipamentos e assenta em oito pilares propostos por Nakajima (2006). Estes são expostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Oito Pilares do TPM (adaptado de Pinto, 2013)

<b>Melhorias Focalizadas</b>	Permite melhorar a manutenção dos equipamentos através de eventos de melhoria contínua.
<b>Manutenção Autônoma</b>	Atribui ao operador a responsabilidade de desempenhar tarefas básicas de manutenção (limpeza, lubrificação, inspeção). Aumenta o seu conhecimento do equipamento e permite identificar problemas antes destes se tornarem falhas.
<b>Manutenção Planeada</b>	Programa trabalhos de manutenção com base em possibilidades de falha previstas. Reduz tempos de paragem não previstos, reduz stocks de peças e permite planejar trabalhos para quando a máquina não está a ser utilizada na produção.
<b>Gestão Inicial dos Equipamentos</b>	Procura melhorar a conceção de equipamentos, tendo em consideração os trabalhos de manutenção. Facilita a manutenção e o envolvimento dos colaboradores antes da instalação.
<b>Manutenção da Qualidade</b>	Aplica no processo produtivo métodos de deteção e à prova de erro. Permite reduzir taxas de não qualidade e custos de retrabalho. Incentiva ao trabalho em equipa e ao desenvolvimento de projetos que eliminem as fontes dos defeitos.
<b>Treino e Desenvolvimento</b>	É destinado a operadores, responsáveis de manutenção ou gestores e visa preencher as lacunas que dificultem a implementação dos pilares TPM.
<b>Office TPM</b>	Aplica princípios TPM às funções administrativas. Permite melhorar o planeamento, processamento de compras.
<b>Ambiente e Segurança</b>	Visa manter o ambiente de trabalho seguro e saudável. Elimina potenciais riscos de saúde e segurança.

### 2.3.1 OEE – Overall Equipment Efficiency

Em concordância com o TPM, o *Overall Equipment Efficiency* (OEE) é definido como uma ferramenta de cálculo utilizada para medir desempenho global alcançado e comparar o antes e depois da implementação do TPM (Figura 6) (Ahuja e Khamba, 2008). Este indicador traduz para números a eficiência global do equipamento, tendo em conta a disponibilidade do equipamento, o desempenho da produção e a qualidade do produto.

A disponibilidade é afetada pelas paragens programadas e não programadas. As paragens programadas estão relacionadas com setups, avarias, enquanto as paragens não programadas consistem nas falhas dos equipamentos, falta de mão-de-obra e ausência de matéria-prima.

O desempenho é afetado pelos problemas de mão-de-obra, de processo, de qualidade e de logística. A qualidade é afetada pelas peças defeituosas, sucata e ainda peças que necessitem de reparação.

## OEE (ÍNDICE GLOBAL DA EFICIÊNCIA DOS EQUIPAMENTOS)

$$\text{OEE} = \text{DISPONIBILIDADE} \times \text{DESEMPENHO} \times \text{QUALIDADE}$$

$$\begin{aligned} \text{DISPONIBILIDADE} &= \frac{\text{TEMPO DE OPERAÇÃO}}{\text{TEMPO DE OPERAÇÃO PLANEADO}} \\ \text{DESEMPENHO} &= \frac{(\text{UNIDADES PRODUZIDAS} / \text{TEMPO DE OPERAÇÃO})}{\text{TEMPO DE CICLO IDEAL}} \\ \text{QUALIDADE} &= \frac{\text{UNIDADES CONFORMES}}{\text{Nº UNIDADES PRODUZIDAS}} \end{aligned}$$

Figura 6 – Cálculo OEE (adaptado de [www.oeec.com](http://www.oeec.com))

### 2.4 Normas de manutenção

Segundo Faria e Nóvoa (2012), a globalização e o contexto de competitividade nos mercados atuais lançam um desafio cada vez mais exigente e real para as organizações. A entrega ao cliente do produto ou serviço pretendido com a qualidade assegurada e no prazo previsto é cada vez mais uma questão de sobrevivência e cada vez menos um fator de diferenciação.

A realização de toda a cadeia de valor, desde a matéria-prima até ao produto final, assenta em máquinas, equipamentos, parâmetros e controlos, designados por “processos”. As etapas de planeamento e realização de processo são a base para assegurar que o mesmo vai cumprir os requisitos, garantindo no final a satisfação do cliente.

Todas as empresas se orientam por normas, sendo que nenhuma norma é perfeita, isto é, será sempre necessário evoluir ao longo do tempo para que as organizações possam acompanhar a evolução natural da empresa. Assim, as normas deverão refletir as práticas mais correntes, caso contrário, correm o risco de se tornarem esquecidas.

---

Segundo Pinto (1997), as normas de manutenção podem ser classificadas como normas de manutenção de equipamento – neste caso referem-se as normas de inspeção, que avaliam a deterioração do equipamento; normas de revisão – que têm o objetivo de prever a deterioração do equipamento; e as normas de reparação – que pretendem restaurar o equipamento.

## 2.5 Indicadores de desempenho

Em qualquer área, um indicador serve para dar uma indicação sobre determinada característica ou acontecimento. Estes parâmetros são utilizados para avaliar a eficiência dos trabalhos de manutenção. Permitem medir a eficácia das ações empreendidas e medir as diferenças salientes entre as previsões e os resultados operacionais. Estes indicadores são auxiliares da decisão, a qual consiste em orientar, propor, planejar, diagnosticar, corrigir ou até melhorar essa mesma decisão. Segundo Cabral (2004), é boa política procurar indicadores expressivos mais simples de calcular; utilizar poucos indicadores; e manter a possibilidade de descer ao pormenor para investigar desvios e variações anómalas.

Por norma, os indicadores mais utilizados na área da manutenção são: Taxa de Avarias, *Mean Time Between Failures* (MTBF), *Mean Time to Repair* (MTTR) e Disponibilidade.

### 2.5.1 Taxa de avarias

Segundo Pinto (2004), a avaria pode ser definida como a alteração ou interrupção da capacidade de um bem desempenhar a função para o qual foi concebido.

Através da análise da frequência com que sucedem as avarias de um tipo de equipamento, órgão ou equipamento, ao longo do seu tempo de funcionamento, é possível delinear um padrão de avaria.

Deste modo, a taxa de avarias exprime o número de avarias por unidade de utilização. No caso de se tratar de uma máquina utiliza-se número de avarias/hora.

Segundo a Figura 7, conhecida como “Curva da banheira”, representativa da distribuição de avarias de uma larga gama de equipamentos ao longo do tempo, é possível identificar três regiões.

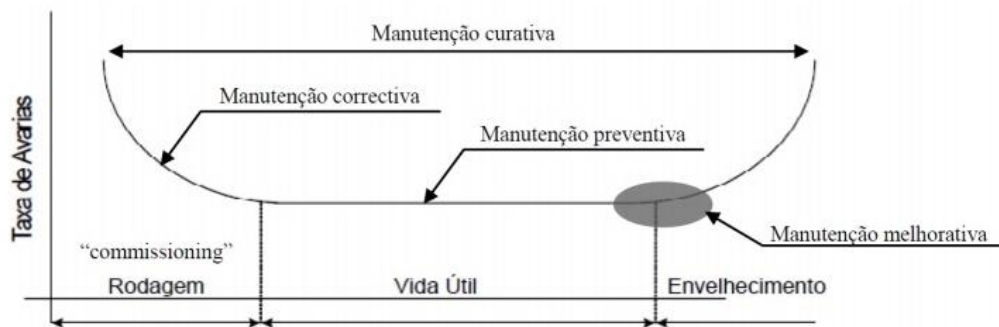


Figura 7 – Curva da banheira (adaptado de Pitéu, 2011)

A primeira região, designada por início de vida, apresenta um elevado número de avarias, coincidente com as primeiras horas de operação. Estas avarias devem-se a deficiências de fabrico, problemas de transporte ou instalação, ou inexperiência do operador. Diz respeito ao espaço temporal no qual se faz uma pré-seleção de componentes nos equipamentos eletrónicos, enquanto nos equipamentos mecânicos se faz a rodagem.

A região central corresponde à fase da maturidade, onde a distribuição de avarias é sensivelmente uniforme ao longo do tempo. É também o período de maior rendimento do equipamento.

A fase do envelhecimento assinala o fim de vida do equipamento. Nesta região existe um aumento significativo do número de avarias à medida que o número de horas de operação decorre. É notória uma degradação acelerada do equipamento, sendo que este já não cumpre o fim para o qual foi desenvolvido, podendo dar origem ao seu abate, reconstrução ou adaptação do equipamento.

### 2.5.2 MTBF - Mean Time Between Failures

Num determinado equipamento é manifestado o tempo médio de bom funcionamento, ou seja, o tempo que decorre, em média, entre duas avarias consecutivas. Assim, Pinto (2004) refere que para um bem reparável e para um determinado período de tempo o *Mean Time Between Failures* (MTBF) pode ser obtido através da seguinte expressão:

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Tempo total de operação}}{\text{Número de avarias}}$$

### 2.5.3 MTTR - Mean Time to Repair

A expressão *Mean Time to Repair* (MTTR) exprime o tempo médio necessário para reparar uma avaria. Neste sentido considera-se como o tempo dedicado à reparação o tempo durante o qual um componente passa do estado para ser restaurado para uma condição de bom funcionamento (Pinto, 2004).

$$\text{MTTR} = \frac{\text{Tempo total de reparação}}{\text{Número de avarias}}$$

### 2.5.4 Disponibilidade

O indicador da disponibilidade sugere o tempo durante o qual determinado equipamento está disponível para operar.

Assim, como refere Ferreira (1998), a disponibilidade está dependente do número de avarias, da rapidez com que elas são reparadas, do tipo de manutenção, da quantidade dos meios à disposição e da sua interdependência.

## 2.6 Custos da manutenção

Quando uma organização não possui uma política de manutenção, podem daí advir custos acrescidos. Contudo, os custos gerados pela função da manutenção podem ser equiparados a um iceberg. A parte visível corresponde aos custos com a mão-de-obra, das ferramentas e instrumentos, do material aplicado como consequência dos reparos e da subcontratação e outros referentes à instalação. Na parte inferior do iceberg, parte invisível, encontram-se os maiores custos, que são os decorrentes da indisponibilidade do equipamento.

Este custo está centrado na perda de produção, fraca qualidade dos produtos, recomposição da produção e, por último, penalidades comerciais, com possíveis consequências sobre a imagem da empresa. Os custos ligados à indisponibilidade e deterioração dos equipamentos são uma consequência da falta de manutenção. Esta relação presente entre o custo da manutenção e o custo da indisponibilidade e produtividade foi estudada através de um modelo matemático, cuja conclusão visa uma melhor relação custo-benefício quando a manutenção é tratada de forma preventiva, em vez de situações de descontrolo do processo produtivo pela falta de manutenção (Marcorin e Lima, 2003).

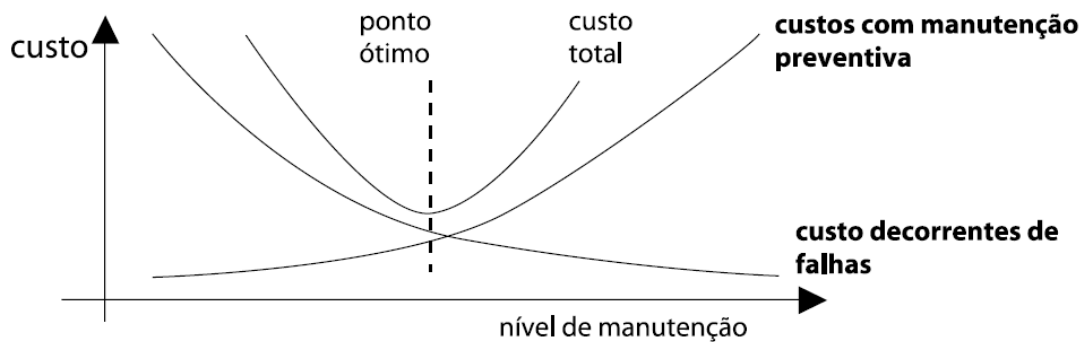


Figura 8 - Custo da manutenção (Marcorin e Lima, 2003)

A Figura 8 mostra a relação entre o custo da manutenção preventiva e o custo da falha. Entre os custos resultantes da falha estão as peças e a mão-de-obra necessárias à reparação, assim como o custo da indisponibilidade do equipamento. Esta figura mostra também que investimentos crescentes em manutenção preventiva atenuam os custos que advêm das falhas, tendo como consequência a diminuição do custo total da manutenção, no qual se somam os custos da manutenção preventiva com os custos das falhas (Marcorin e Lima, 2003).

É possível ainda observar que o ponto ótimo é o equilíbrio entre os custos da manutenção preventiva e os custos decorrentes das falhas.

Segundo Cabral (2004), os custos da atividade de manutenção numa empresa podem ser divididos fundamentalmente em três naturezas: custos diretos, custos indiretos e custos de posse.

Os custos diretos são custos relacionados com o funcionamento dos serviços de manutenção (mão de obra, materiais e serviços), incluindo os custos de subcontratação, no caso de existirem.

Os custos indiretos dizem respeito aos custos originados por perdas de produção imputáveis à manutenção (paragens provocadas por avarias ou para intervenções de manutenção).

Por fim, os custos de posse são associados à posse de stocks, e correspondem aos custos dos materiais existentes em armazém, sejam materiais de consumo corrente, peças ou equipamentos de reserva específicos.

### 2.6.1 Benefícios de investimento na manutenção

A mudança de paradigma no departamento de manutenção é essencial para a diminuição dos custos globais de manutenção e ainda mais para a empresa, garantindo a diminuição dos seus custos de operação.

Quando o departamento de manutenção deixa de parte o seu papel reativo na reparação de avarias e assume um papel proactivo, intervindo nos equipamentos antes destes avariarem (reestabelecendo a sua condição de utilização inicial), deixa de ser necessário manter uma equipa de manutenção sobredimensionada para lidar com a carga de trabalho imprevisível e muito variável.

Importa saber que, apesar de ser um objetivo desejável, não é economicamente viável optar por um sistema de manutenção preventiva que extinga as avarias. Na Figura 9 é possível observar que o custo de substituir componentes preventivamente num equipamento reparável antes deste avariar aumenta exponencialmente para infinito com a diminuição do tempo de funcionamento.

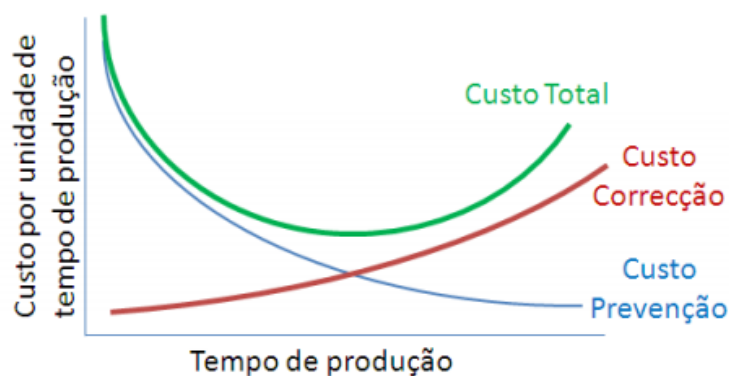


Figura 9 - Tempo ótimo de substituição (adaptado de Amaral, 2016)

Assim, é possível verificar que economicamente é desejável gerir o risco e tomar ações para diminuir o risco e a probabilidade da ocorrência de avarias em vez de tomar ações para diminuir as avarias.

Com o desenvolvimento de um plano global de manutenção calendarizado, é possível distribuir melhor as tarefas pelos funcionários, reduzir o número de avarias imprevistas e diminuir o tempo de resposta a essas avarias.

## 2.7 Ferramentas de melhoria contínua

Os elementos responsáveis pela equipa da manutenção devem procurar melhorar continuamente a eficácia do sistema de gestão da manutenção através da implementação da política da manutenção, dos objetivos da manutenção, dos resultados das auditorias, da análise dos dados, das ações corretivas e preventivas e da revisão pela gestão (Norma Portuguesa - Guia para a implementação de gestão da manutenção 2009). De seguida, serão revistas algumas das ferramentas utilizadas no âmbito da manutenção, como é o caso do Ciclo PDCA (*Deming Cycle*), 5S's, Diagrama Causa-Efeito (*Ishikawa Diagram*) e *Failure Modes and Effects Analysis* (FMEA).

### 2.7.1 Ciclo PDCA

De acordo com Faria e Nóvoa (2012), o Ciclo *Plan, Do Check, Act* (PDCA) é uma ferramenta de melhoria contínua que tem como finalidade obter ótimos resultados, sempre tendo em conta a qualidade do produto. Como é possível observar na Figura 10, este processo é composto por quatro etapas:

- P – *Plan/Planear*, estabelecer metas e as metodologias para atingir os fins;
- D – *Do/Executar*, as pessoas envolvidas na tarefa são dotadas de competências para colocar em prática os métodos utilizados e assim colocar o plano em ação;
- C – *Check/Verificar*, verificar os resultados do trabalho executado para apurar a sua progressão em direção à meta estabelecida;
- A – *Act/Atuar*, ajuste do processo em função dos resultados.

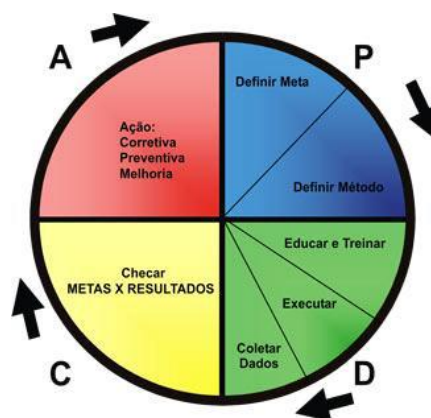


Figura 10 – Ciclo PCDA (Faria e Nóvoa, 2012)

### 2.7.2 5 S

Esta ferramenta de melhoria contínua tem como principal objetivo melhorar e organizar todos os locais de trabalho (Faria e Nóvoa, 2012) e baseia-se em cinco palavras japonesas (Tabela 2).

Tabela 2 – Descrição dos 5 S (adaptado de Faria e Nóvoa, 2012)

5 S	Objetivo
<b>Seiton (Arrumação)</b>	Eliminar o desnecessário, separando o que é realmente útil.
<b>Seiri (Organização)</b>	Organizar e dispor de ordem correta todas as ferramentas necessárias.
<b>Seiso (Limpeza)</b>	Fomentar a limpeza do equipamento e do local de trabalho.
<b>Seiketsu (Normalização)</b>	Criar rotinas de melhoria contínua, mantendo limpo o que já está.
<b>Shitsuke (Disciplina)</b>	Estimular o hábito de seguir regras, favorecendo o bom ambiente.

### 2.7.3 Diagrama Ishikawa

O Diagrama de Causa-Efeito, igualmente conhecido por *Ishikawa Diagram*, é utilizado para explorar todas as causas possíveis ou mesmo reais do problema. As causas identificadas são ordenadas e analisadas segundo a hierarquia do seu nível de importância, que auxilia na identificação da origem do problema (Figura 11).

Na área da manutenção é frequente serem parametrizadas as causas do problema em quatro classes, tais como máquinas, pessoal, métodos e materiais. Naturalmente estas classes são perfeitamente flexíveis, ajustando-se à medida do problema em estudo (Faria e Nóvoa, 2012).

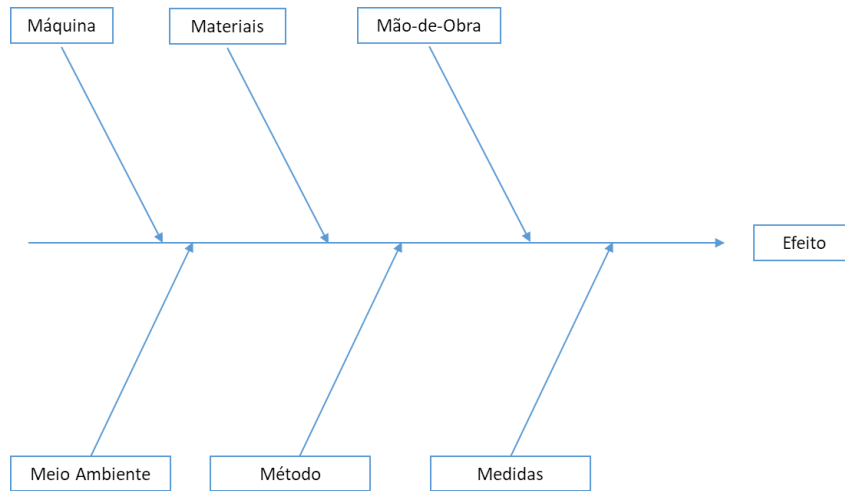


Figura 11 - Ishikawa Diagram (adaptado de Amaral, 2016)

2.7.4 FMEA - Failure Modes and Effects Analysis

A análise FMEA tem como objetivo identificar potenciais falhas de um produto ou processo de forma a avaliar o risco associado, para que sejam classificados em termos de importância (Figura 12). Então, o produto analisado receberá ações corretivas associadas com o intuito de diminuir a incidência de falhas. É um método de alta importância, pois pode ser usado em diversas áreas de uma organização, como é o caso de projetos de produtos, análise de processos, área industrial e/ou administrativa, e manutenção de ativos com o intuito de propiciar benefícios para o negócio (Faria e Nóvoa, 2012).

FMEA para Plano de Manutenção										
Nº FMEA: _____		Revisão Nº: _____		Data de Início: _____		Respons: _____				
Processo: _____		Área: _____		Sistema: _____		Revisor: _____				
Equipe: _____										
Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Análise da Falha			Avaliação de Risco				Ação Preventiva Recomendada
			Modos de Falha	Efeitos de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Seriedade	Deteção	RPN	
Redutor de Velocidades Rendar - FAG: REDU-43021	Reduzir a velocidade do acionamento do elevador de Carreca - FAG: ELIV-62145	Engrenamento	Choque de Flancos (Vibração Excessiva)	Desajuste do Motor Eléctrico (Para o Processo)	Falha de Ajuste de backlash	8	9	3	216	Inspeccionar folga das engrenagens a cada 6 meses.
			Elevação nos níveis de bronze no lado de análise de óleo	Dificultará os rolamentos e demais componentes	Desalinhamento do eixo principal	7	5	8	280	Fazer análise de óleo a cada 3 meses.
		Rolamentos	Vibração/temperatura excessivas	Desajuste do Motor Eléctrico (Para o Processo)	Desalinhamento do conjunto motor/reductor	9	8	4	288	Fazer análise de vibração mensalente.
			Elevação nos níveis de bronze no lado de análise de óleo	Desajuste do Motor Eléctrico (Para o Processo)	Falta de lubrificação nos rolamentos	8	6	5	320	Lubrificar rolamentos a cada 320 horas. Fazer análise de vibração mensalente.
		Refletor de Entrada	Vazamento	Contaminação / Perda de Lubr.	Falha na montagem	9	6	5	270	Treinamento Técnico sobre montagem e manutenção de reductores Rendar.
			Vazamento	Contaminação / Perda de Lubr.	Desalinhamento do conjunto motor/reductor	9	5	4	180	Treinamento Técnico sobre alinhamento de conjuntos rotativos.
		Refletor de Saída	Vazamento	Contaminação / Perda de Lubr.	Falha na montagem	7	8	9	504	Treinamento Técnico sobre alinhamento de conjuntos rotativos.
			Vazamento	Contaminação / Perda de Lubr.	Desalinhamento do conjunto motor/reductor	4	5	8	160	Análise de Vibração Mensalente.
		Filtro de Ar	Vibração	Desajuste do Motor Eléctrico (Para o Processo)	Filtro saturada	8	5	4	160	Treinamento Técnico sobre alinhamento de conjuntos rotativos.
			Elevação de temperatura	Dificultará os rolamentos do Motor Eléctrico/Redutor	Falha de lubrificação no acoplamento	8	8	7	448	Substituir filtro a cada 320 horas de funcionamento.
Acoplamento	Vibração Excessiva	Dificultará os rolamentos do Motor Eléctrico/Redutor	Falha de lubrificação no acoplamento	8	8	7	448	Substituir acoplamento a cada 640 horas de funcionamento.		
	Ruído Excessivo	Dificultará os rolamentos do Motor Eléctrico/Redutor	Desalinhamento do conjunto motor/reductor	7	9	10	630	Treinamento Técnico sobre alinhamento de conjuntos rotativos.		

Figura 12 – Exemplo de diagrama FMEA (adaptado de Faria e Nóvoa, 2012)



# DESENVOLVIMENTO

- 3.1 Caraterização da empresa
- 3.2 Objetivo do trabalho
- 3.3 Caracterização do problema
- 3.4 Funcionamento prévio ao plano de manutenção
- 3.5 Benefícios e custos
- 3.6 Análise ABC - Equipamentos críticos
- 3.7 Melhoria do processo produtivo



## 3 Desenvolvimento

### 3.1 Caracterização da empresa

Este trabalho foi desenvolvido numa empresa que é, atualmente, a maior empresa mundial de cortiça. Esta apresenta uma história com quase 150 anos a operar neste sector. Foi fundada em 1870, ano no qual abriu uma fábrica com o objetivo de fornecer rolhas de cortiça a produtores de vinho do Porto. A corticeira conta hoje com 30 unidades industriais e 83 empresas.

A visível evolução da empresa, que passou de uma pequena fábrica situada no Porto, a líder no mercado da cortiça, encontra-se diretamente relacionada com a verticalização assumida pela empresa, desde a obtenção de matérias-primas ao serviço pós-venda, apostando no mercado estrangeiro, essencialmente naquelas com forte expressão na produção de vinho. A corticeira apresenta ainda um forte investimento em atividades de Inovação e Desenvolvimento, obtendo daí cerca de 9,5 milhões de euros a cada ano que passa. É possível também sentir a sua presença em atividades culturais, onde será de destacar o fornecimento de cortiça para obras arquitetónicas.

A Unidade de Negócios de Aglomerados Compósitos é a mais tecnológica do universo da Corticeira. Constitui uma referência internacional na pesquisa, desenvolvimento e produção de novas soluções de compósitos de cortiça e tem como principais clientes algumas das indústrias mais exigentes do mundo em termos de qualidade.

Com uma área total de 130 m<sup>2</sup>, sendo cerca de 77 m<sup>2</sup> de área coberta, esta Unidade Industrial está localizada em Mozelos, uma freguesia de Santa Maria da Feira, uma localidade reconhecida por ser um grande centro nacional de produção de derivados de cortiça.

A Unidade de Negócios de Aglomerados Compósitos está dividida nos seguintes segmentos: Unidade de Negócio de Granulados, Unidade de Negócios de Aglomerados e Unidade de Negócios de Cortiça com Borracha.

O trabalho desenvolvido na corticeira, no âmbito da presente dissertação, focou-se no processo produtivo na Unidade de Negócio de Granulados, unidade que deve o seu

---

nome à produção exclusiva de granulados. Esta unidade conta, atualmente, com 60 trabalhadores, que desempenham as suas tarefas em três turnos de oito horas cada. Nela são desenvolvidos, por exemplo, os materiais de proteção das naves aeroespaciais da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) e da ESA (*European Space Agency*). As soluções TPS (*Thermal Protection Systems*) desta Unidade de Negócio são um elemento-chave na importante missão de garantir a integridade física dos veículos espaciais, evitando que sejam destruídos por temperaturas extremas. Dedicada à indústria dos transportes, existe uma variada gama de produtos que inclui painéis, sistemas de pavimento e barreiras anti vibração para infraestruturas ferroviárias. O peso reduzido e as propriedades anti vibração e de isolamento acústico são as vantagens mais importantes que a cortiça traz ao sector dos transportes.

### 3.2 Objetivo do trabalho

O departamento de manutenção da corticeira na qual este trabalho foi desenvolvido apresenta uma realidade que deve ser ajustada às exigências do mercado para se tornar ainda mais competitiva. Para esse efeito, revelou-se determinante analisar detalhadamente o plano de manutenção praticado e avaliar quais os aspetos a melhorar.

O principal objetivo do presente trabalho consistiu em diminuir as intervenções de manutenção não planeada, assim como de manutenções corretivas. Ou seja, o intuito sempre foi caminhar em direção à manutenção preventiva, assim como à manutenção preditiva, uma vez que atualmente, na maioria dos casos, as equipas apenas intervêm em situações de ser necessária a manutenção por falha do equipamento.

O plano apresentado advém da compilação das especificações técnicas evidenciadas nos manuais dos equipamentos, das ordens de serviço de manutenção preventiva, bem como dos conhecimentos adquiridos relativos ao histórico das intervenções efetuadas, aquando da sua existência. Assim, foi adequado e melhorado o plano de manutenção existente, para um novo modelo mais recente e capaz de sustentar as exigências crescentes da manutenção com um único objetivo, a melhoria de recursos humanos e materiais, e a maximização da eficiência.

Após a exposição dos conceitos e ferramentas chave que serviram de base para todo o trabalho desenvolvido, este capítulo iniciará com a apresentação do estado inicial do objeto de estudo.

### 3.3 Caracterização do problema

#### 3.3.1 Desorganização e degradação de ferramentas de trabalho

Numa fase inicial, foi oportunamente realizado um levantamento de informação para avaliar quais os pontos pertinentes onde deveriam ser implementadas melhorias. Decorrente deste levantamento e resultando da observação do trabalho executado por parte dos operadores, verificou-se que, num momento inicial, demasiado tempo era investido na procura de ferramentas de trabalho. Estas ferramentas encontravam-se, frequentemente, em fracas condições para serem utilizadas e ainda espalhadas por todo o sector, sendo o seu nível de organização bastante reduzido.

Um outro aspeto que contribui para que o sector de trabalho não se encontre nas melhores condições de limpeza é o facto de as tubagens de transporte de material estarem muito degradadas. Tal fator contribui para a desmotivação da equipa de colaboradores, levando a que estes abandonem por completo as boas práticas de manter o local de trabalho limpo e organizado. Importa ainda acrescentar que dada esta situação, a equipa de manutenção necessita dispensar grande parte do seu tempo a atenuar este problema. Um dos exemplos desta situação é que uma grande parte das avarias em diferentes equipamentos é consequência da falta de lubrificação dos mesmos, uma das tarefas que está associada à manutenção autónoma e que deveria ser realizada pelos operadores.

A Figura 13 é ilustrativa das condições iniciais nas quais foram encontradas o sector de armazenamento de ferramentas e as tubagens.



Figura 13 - Degradação das tubagens (a) e desorganização das ferramentas de trabalho (b)

### 3.3.2 Análise de registo de avarias

Uma grande parte do desenvolvimento deste trabalho foi dedicado à tentativa de identificar o tipo de avarias ocorridas em determinado período de tempo, realizando uma análise do custo médio de cada intervenção em determinado equipamento. Contudo, devido às más praticas que se foram instaurando na fábrica e também às limitações do software existente, o *fluxmanager*, não foi possível completar esta tarefa no timing pretendido.

Foi dispensado muito tempo a tentar reunir a informação pretendida para alcançar o objetivo previamente proposto, mas ao longo desta tarefa foi perceptível que diferentes departamentos inseriam diferentes informações na base de dados disponível. Ou seja, não era seguido o mesmo rigor pelas diferentes unidades, impossibilitando estabelecer algum tipo de correlação com os dados disponíveis. Importa acrescentar ainda que, sempre que era necessário obter dados em tempo real para atualizar as bases de dados, esse processo demorava cerca de 2 horas. Compreensivelmente, tal intervalo de tempo revelou-se um obstáculo nesta tarefa.

Conclui-se assim que tanto as lacunas existentes no software utilizado, como a má pratica aqui descrita vieram a condicionar toda a informação necessária para a realização deste trabalho. Posto isto, foi necessário partir do “ponto zero”, reunindo toda a informação existente, tanto a nível de documentação como a nível do *know-how* dos colaboradores para assim criar uma base de dados com informação útil e fidedigna, como será possível observar mais à frente.

### 3.3.3 Adequabilidade de cada tipo de manutenção aos equipamentos de moagem

Quando analisado o sector dos equipamentos de moagem, foi possível verificar que além da manutenção preventiva, a Unidade Industrial de Trituração realizava, anteriormente, intervenções no âmbito da manutenção autónoma com maior regularidade por parte dos operadores.

Atualmente, a manutenção realizada aos equipamentos de moagem encontra-se “abandonada”, ou seja, toda a manutenção realizada acaba por ser de cariz corretivo. Após procurar reunir informação pertinente sobre o sector e os equipamentos em questão, e sendo esta praticamente inexistente ou frágil, não foi possível identificar quais as avarias com maior impacto, onde ocorrem e com que periodicidade. Desta forma, torna-se mais difícil a sua eliminação para assim ser possível contribuir para a diminuição do número de ações corretivas.

A manutenção era previamente elaborada por equipamento. Tendo em conta que a Unidade Industrial possui centenas de equipamentos, obrigava ao técnico fazer-se acompanhar por uma grande quantia de documentos associados à grande diversidade de equipamentos instalados. Por esta razão, foram criadas rotas de manutenção, minimizando a documentação existente pois vários equipamentos são agregados na respetiva rota (ANEXO 1).

### 3.3.4 Análise SWOT às formas de manutenção neste sector

Quando é abordado o mundo industrial, seja qual for a tipologia do negócio, o planeamento é considerado essencial.

A análise SWOT, enquanto ferramenta estrutural, é utilizada para identificar os pontos fortes e fracos de uma organização, assim como as oportunidades e ameaças às quais a mesma está exposta. No trabalho aqui desenvolvido, esta ferramenta (Figura 14) é aplicada para entender de que forma a manutenção é tida em conta pela organização.



Figura 14 - Análise SWOT ao Sector da Manutenção

### 3.4 Funcionamento prévio ao plano de manutenção

A empresa em questão, previamente a ter um plano de manutenção bem definido e implementado para os seus equipamentos, deparava-se na maior parte dos casos com várias situações que em nada favoreciam o equipamento e o bom funcionamento da produção. Posto isto, para que os operadores retirem maior partido do equipamento, torna-se essencial dominarem as melhores práticas a adotar para que os equipamentos

sejam usados de forma correta. No contexto no qual foi desenvolvido este trabalho, esse procedimento era pouco frequente, provocando avarias ou falhas em alguns equipamentos. Esses problemas resultam, na maioria das vezes, de um desconhecimento do operador-máquina e por uma não verificação do equipamento antes do início dos trabalhos.

A corticeira não realizava eficazmente essa prática, pelo que um dos objetivos do trabalho consistiu na elaboração de tarefas de modo a beneficiar o funcionamento do equipamento e, conseqüentemente, da produção. A inexistência de aparelhos que permitam a avaliação da necessidade de uma intervenção ao equipamento, bem como a de um software de manutenção, foram os problemas constatados mais críticos, havendo por isso necessidade de os adquirir para tornar a manutenção mais eficiente.

### 3.5 Benefícios e custos

Num mundo empresarial competitivo, o mais pequeno deslize pode conduzir à ultrapassagem do concorrente mais direto nesta competição exigente.

A utilização de softwares na gestão da manutenção é uma forma de potenciar os trabalhos realizados e maximizar a sua eficiência. Atualmente, o *software* utilizado é o *fluxmanager*, desenvolvido internamente pelos colaboradores da empresa. Tendo em conta que este contém pequenas imperfeições, a corticeira pondera adquirir um novo software, o *NextBitt*, uma vez que este se encontra aperfeiçoado e é também compatível com o SAP. Este *software* é uma ferramenta informática que permite estar acessível em qualquer lugar e a qualquer hora, para um melhor controlo das operações.

Neste programa informático, podem-se diferenciar atividades como pedidos de intervenção (pedidos do dia, em atraso, fechados, pendentes ou sem ordem de trabalho), informação relativa a cada ordem de trabalho (localização, estado, descrição), observações, tipo de serviço, subtipo de serviço, âmbito, grau (emergência), o requisitante, contacto telefónico e o respetivo estado da ordem de trabalho.

O *NextBitt* permite analisar as diferentes manutenções preventivas, o respetivo planeamento, as preparações e tarefas necessárias. Através deste programa informático, a concretização de um plano de manutenção preventiva é exequível e permite à organização uma melhor calendarização e controlo das atividades, estando estas em formato digital e acessíveis em qualquer momento. Além disso, todos os colaboradores têm acesso ao programa, incluindo os técnicos especializados. Este fator consente ao técnico responsável saber qual o tipo de atividade a realizar para cada

---

elemento fonte de manutenção, seja uma revisão anual, mensal, trimestral, entre outras. É possível ainda, para cada tipo de atividade, o técnico visualizar o conjunto de tarefas a realizar e assinalar as que foram realizadas.

O custo associado à aquisição do programa *NextBitt* pode ser um entrave para a empresa, continuando assim com o seu plano de manutenção primário.

A aquisição tardia desse programa pode contribuir para possíveis gastos desnecessários, podendo haver um aviso de manutenção que não é lembrado, incorrendo-se numa avaria mais penosa e morosa para a empresa. Esta situação pode tornar-se insustentável para a Corticeira, mas certamente que com o recurso a um software de manutenção tudo poderá ser diferente, para melhor. Resta à empresa saber por mais quanto tempo esta situação se irá manter.

No futuro, após estar definido um sistema específico, e bem elaborado, para que a gestão de manutenção funcione na perfeição, convém proceder-se a uma avaliação da eficácia e eficiência que essa nova implementação trouxe ao sistema. Com esta nova estratégia bem implementada poder-se-ão atingir os seguintes objetivos:

- Redução do número de reclamações derivadas de avarias dos equipamentos identificadas pelos colaboradores;
- Redução dos custos de não conformidade;
- Melhoria das competências dos colaboradores, isto é, após o treino a que são submetidos, estes deverão ser capazes de ter um melhor desempenho no funcionamento da máquina ou equipamento;
- Aumento da motivação dos trabalhadores, revelando maior competência e confiança no trabalho desenvolvido;
- Eliminação dos desperdícios e, como consequência direta, redução das perdas por erros/anomalias do equipamento, originando uma diminuição de custos;
- Empresa passa a ter uma eficiência e um prazo de entrega dos produtos muito melhor definido, levando com isso à satisfação dos seus clientes;
- Melhoria contínua deve constituir um objetivo permanente da organização;

- O tempo de paragem das máquinas, motivado por avaria, tendencialmente tem vindo a diminuir ao longo dos anos, contribuindo para uma poupança significativa;
- Incremento da produção – tendo em conta que atualmente as máquinas são desenvolvidas com o objetivo de produzir mais, leva ao aumento dos lucros, o que pode ajudar a combater os custos da manutenção. Ganhando mais, a empresa fica com mais recursos financeiros para combater os custos da manutenção.

### 3.6 Análise ABC - Equipamentos críticos

A análise ABC, ou análise de Pareto, é uma forma de ordenação de artigos ou itens, por ordem decrescente do seu valor de uso (Figura 15). É uma curva que revela grande importância quando se é confrontado com bases de dados elevadas, em que o interesse é focar a análise em determinados itens.

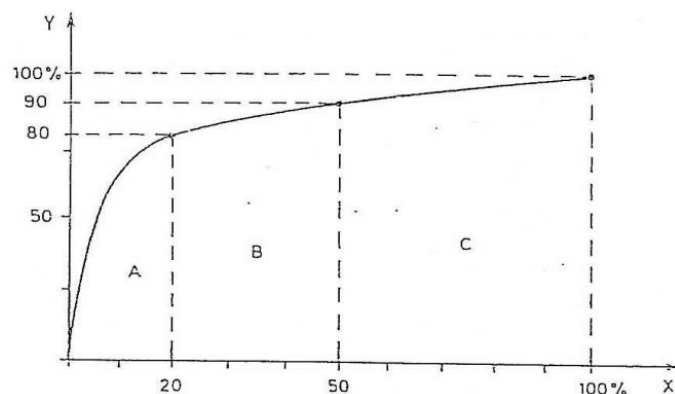


Figura 15 - Curva ABC (adaptado de Amaral, 2016)

No caso particular da manutenção, a análise ABC permite identificar que existe uma pequena percentagem de artigos (cerca de 20%) que acarretam grande parte do valor de uso (cerca de 80%). Dependendo do objetivo do estudo, o valor de uso e os artigos podem estar associados, por exemplo, a custos, números de avarias ou tempos de paragem. Isto permite à gestão focar na resolução de problemas, sempre com o objetivo de ordenar artigos por ordem de prioridade da sua gestão (ABC).

No momento da análise da criticidade dos equipamentos, com o objetivo de intervir com maior destaque junto destes, constatou-se uma acentuada dificuldade em obter informação consistente e real.

Tendo em conta que a organização se encontra num processo de aquisição e implementação de um ERP (*Enterprise Resource Planning*), o tratamento deste tipo de informação foi posto um pouco em segundo plano, dando prioridade a outro tipo de tarefas com maior urgência no momento em questão.

Assim, através da análise da Figura 16, é possível observar que a manutenção preventiva foi completamente suspensa. As equipas do setor apenas intervinham nos equipamentos em situações de falha.

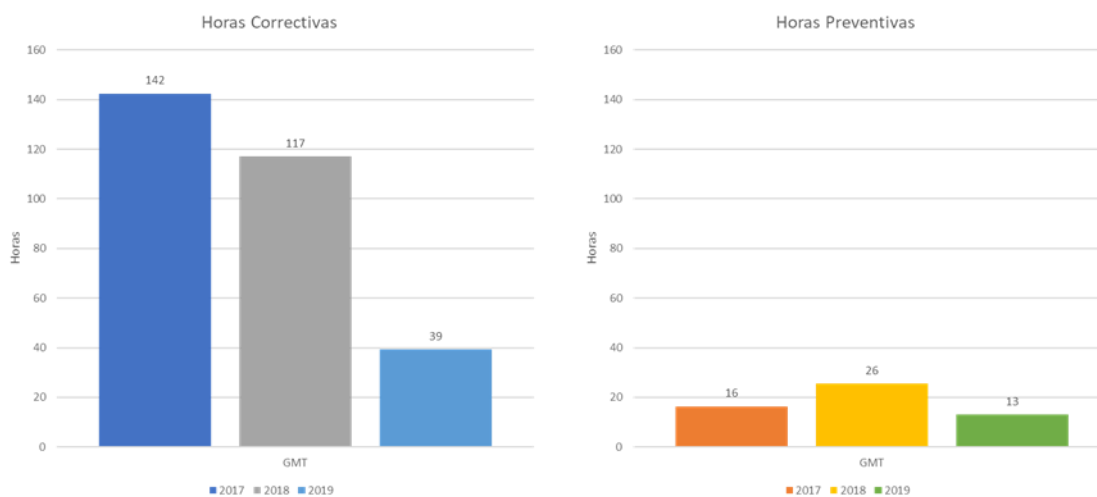


Figura 16 – Horas Dispensadas em Manutenções Correctivas vs. Manutenções Preventivas

Posto isto, e tendo em consideração toda a dinâmica relativamente à recolha dos dados em questão, deu-se início à análise possível da criticidade dos equipamentos, podendo-se consultar essa informação na Figura 17. De salientar que o número de ocorrências representado no gráfico é respeitante aos últimos dois anos.

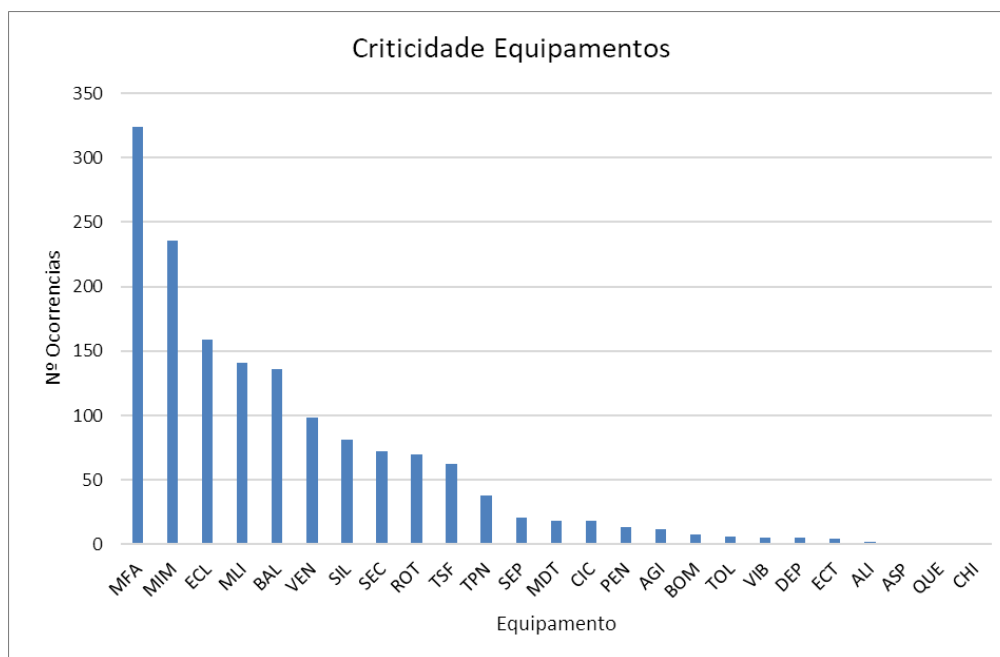


Figura 17 - Criticidade dos equipamentos

Após trabalhar a informação recolhida, esta foi apresentada nas reuniões Kaizen semanais, das quais fazia parte a Equipa da Unidade Industrial, Equipa da Manutenção e Equipa do Instituto Kaizen.

Tendo em consideração também o contributo e a sensibilidade adquirida em tantos anos de trabalho junto destes equipamentos da equipa da Unidade Industrial de Trituração, foram selecionados os quatro tipos de equipamentos com maior nível de criticidade, sendo estes:

MFA – Moinho de Facas;

MIM – Moinho de Impacto;

MDT – Moinho Destroçador;

SEC – Secador.

Quanto aos MFA's e MIM's, a escolha é óbvia, uma vez que surgem em grande destaque na análise decorrida da Figura 17. Para chegar aos dois restantes tipos de equipamentos (MDT e SEC), a ponderação foi feita tendo em consideração que tanto o MDT como o SEC são equipamentos críticos pois, quando estes falham, a linha para completamente.

---

O mesmo acontece quando é necessário fazer algum tipo de intervenção, que normalmente são processos muito demorados.

Considerando estes factos, o objetivo seguinte passou por tentar perceber a razão pela qual grande parte dos equipamentos selecionados como possuindo maior nível de criticidade serem moinhos. Para esse efeito, realizou-se uma análise de *Ishikawa*.

### 3.6.1 Análise *Ishikawa* dos equipamentos de trituração

Através da análise *Ishikawa* representada na Figura 18, é possível observar e analisar quais as principais razões que levam à falha desta ferramenta, ou seja, os motivos pelos quais as ferramentas de corte apresentam um desgaste tão acentuado.

A existência de tempos com falhas de produção pode ser consequência de várias causas. Para o presente estudo, com a análise realizada das possíveis causas da aceleração de desgaste nos equipamentos de trituração (moinhos), confirmou-se a existência de múltiplas hipóteses para a ocorrência deste fenómeno. Posto isto, foi tido em conta o número de ocorrências de determinada avaria para prosseguir com esta análise.

Assim, foram observadas as avarias elétricas, avarias mecânicas e encravamentos. Considerou-se como avarias elétricas aquelas que refletem o aumento da carga do equipamento, provocado pelo peso de material contaminante, o que ativa a desativação do quadro elétrico. As avarias mecânicas demonstram a presença de contaminação de materiais ferrosos que acabam por conduzir ao desgaste das ferramentas e à avaria dos elementos mecânicos. Por último, o encravamento é uma avaria causada pela presença de material contaminante na matéria-prima, como por exemplo areias ou terras, que vão obstruir e danificar o transporte pneumático.

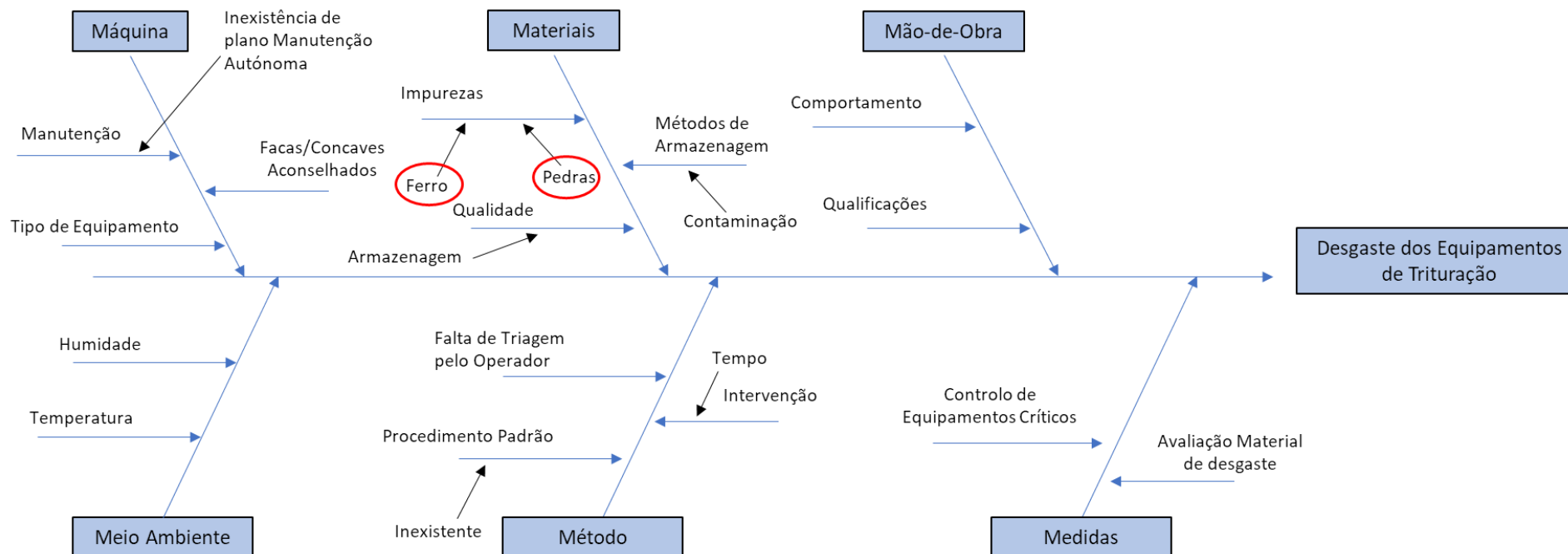


Figura 18 - Análise Ishikawa

### 3.6.2 Resultado da análise *Ishikawa*

Ao realizar este tipo de análise é possível encontrar algumas dificuldades, como é o caso da morosidade entre os processos de investigação e o desenvolvimento de uma resolução à medida.

Durante a análise ao processo de fabrico, percebeu-se que existe uma grande contaminação da matéria-prima. Esta contaminação era maioritariamente composta por pedras e ferros de diversos tamanhos e revelava uma maior repercussão no transporte pneumático, provocando um enorme desgaste nas paredes do mesmo e nas tubagens de transporte.

Na organização na qual este trabalho foi desenvolvido existe uma linha de menor dimensão, mas equivalente a nível de funções. Realizou-se uma análise comparativa dos equipamentos e chegou-se à conclusão da falta de equipamentos tira pesados no decorrer da linha, assim como a necessidade de dimensionamento daqueles que já existem.

Como já referido, a empresa encontra-se numa fase de implementação do ERP, o que tornou inviável a alocação de recursos para solucionar este problema. Contudo, foi amplamente reconhecida a grande necessidade de replicar e redimensionar os tira pesados na linha em estudo, tendo ficado definido no plano de investimento para o ano 2020 a reestruturação de toda a linha neste sentido. Esta reestruturação tem como objetivo minimizar o desgaste de equipamentos pela contaminação de materiais arenosos e ferrosos. Com esta ação, não só vai ser possível reduzir os tempos de paragens não planeadas, como irá libertar a equipa de manutenção para se dedicar a outras intervenções, em diferentes áreas.

## 3.7 Melhoria do processo produtivo

### 3.7.1 Caracterização do processo

O processo de fabrico tem início na trituração, local onde toda a matéria é triturada para que, de seguida, possa ser separada por granulometria e densidade. Os granulados são obtidos através da ação de vários tipos de moinhos em função do material a triturar e do tipo de grânulos pretendidos. Geralmente, também é efetuada uma secagem da matéria-prima por circulação forçada de ar quente, usualmente em secadores rotativos, para conferir ao granulado o grau de humidade desejado. Na Figura 19 é possível observar em detalhe o fluxograma para a produção de granulado.

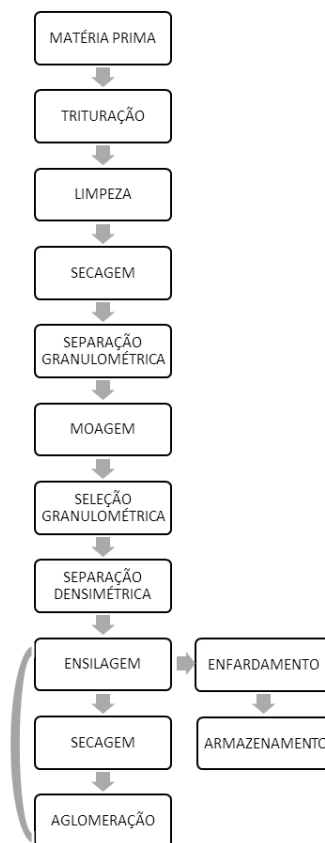


Figura 19 - Fluxograma da produção de granulado

A partir dos granulados são produzidos aglomerados compostos de cortiça, que resultam de um processo de aglutinação dos grânulos com uma granulometria e massa volúmica específicas e pré-determinadas por ação conjunta da pressão, temperatura e um agente de aglutinação, em função do produto e aplicação pretendida. Após recorrer ao doseamento, a mistura de grânulos com o aglutinante e, eventualmente, outros agentes auxiliares (Gil, 1998).

### 3.7.2 Implementação de soluções

No decorrer deste trabalho na corticeira, foi possível recolher informação que clarificava todas as carências existentes na unidade de granulados da mesma. Posto isto, para colmatar essas necessidades, foi realizado um conjunto de intervenções para a implementação de soluções alternativas para suprir os problemas encontrados.

O principal objetivo consistia em desenvolver ações no âmbito da manutenção preventiva, sendo que esta prática tinha sido abandonada pela unidade industrial. Por

este motivo, foi dedicado grande parte do tempo à recolha de dados para procurar tentar perceber se existia algum padrão no tipo de avarias, quais as intervenções realizadas e com que periodicidade, mas, dada a inexistência desses dados, foi necessário avançar com outro tipo de tarefas.

Atendendo ao estado em que a unidade industrial se encontrava a nível de degradação de equipamentos, tubagens e desorganização do espaço, o início dos trabalhos arrancou tendo por base estes pontos essenciais. Foram aplicados os 5S's e práticas de manutenção autónoma com o intuito de instituir as boas práticas de manutenção. Só assim será possível progredir no sentido de serem elaborados planos de manutenção preventiva, otimizando assim a manutenção. Inicialmente, a equipa de manutenção só intervinha em caso de falha dos equipamentos, o que conduz a perdas de produção e, consequentemente, custos adicionais para a empresa.

Aqui serão apresentados alguns exemplos dessas intervenções, recorrendo a imagens que ilustram o antes e depois de cada situação em concreto.

#### 3.7.2.1 Contenção de Resíduos

A falta de limpeza nesta Unidade Industrial era visível. Trata-se de uma unidade de trituração, o que implica uma grande quantidade de pó e resíduos de cortiça no ar. O facto do local se encontrar neste estado conduzia à desmotivação por parte dos operadores, pois não mostravam vontade em manter o seu local de trabalho limpo. Com o intuito de instaurar as boas práticas e incrementar a motivação dos operadores em manter o local de trabalho limpo e organizado, recorreremos então à contratação de uma empresa para acelerar o processo de limpeza.

Tal como já referido, sendo este sector um local onde se verifica a existência de muita sujidade e resíduos de cortiça que se acumulam por toda a parte, os trabalhos tiveram início com o isolamento de todo o pavilhão para, deste modo, tentar conter as partículas provenientes dos locais adjacentes (Figura 20).



Figura 20 - Isolamento do pavilhão

Executando esta alteração no espaço foi possível minimizar a contaminação da área envolvente, assim como prevenir avarias nos quadros elétricos (Figura 21), uma vez que estes equipamentos sofriam danos decorrentes da acumulação destes resíduos provenientes da moagem de cortiça.



Figura 21 - Isolamento dos quadros elétricos

Uma grande parte das avarias dos quadros elétricos, tendo em conta o *know-how* nos operadores e também porque é possível constatar de forma óbvia, derivava dos resíduos de cortiça que se acumulavam por toda a parte. Ao ser realizada esta limpeza e contenção de resíduos estamos também a implementar uma forma de manutenção preventiva. Os quadros elétricos encontravam-se completamente obstruídos, o seu

sistema de ventilação danificado, o que nos permite afirmar que esta intervenção revela também uma vertente preventiva.

### 3.7.2.2 Reposição das condições iniciais dos equipamentos

Na unidade industrial foi possível observar vários locais com défices ao nível das condições de limpeza do espaço de trabalho. Esta zona encontrava-se contaminada com materiais de anteriores purgas que tinham ficado esquecidos, assim como com a presença notória de termofluido no chão. Tendo em conta que a matéria prima utilizada é a cortiça, a sua presença conjuntamente com o termofluido pode desencadear um incêndio. Foi, por esta razão, necessário intervir de forma a prezar a segurança dos operadores e também dos equipamentos.

Ao intervencionar este local foi possível identificar potenciais problemas nos equipamentos, como por exemplo fugas de óleo, desgaste do equipamento, depósitos vazios, entre outros (Figura 22).

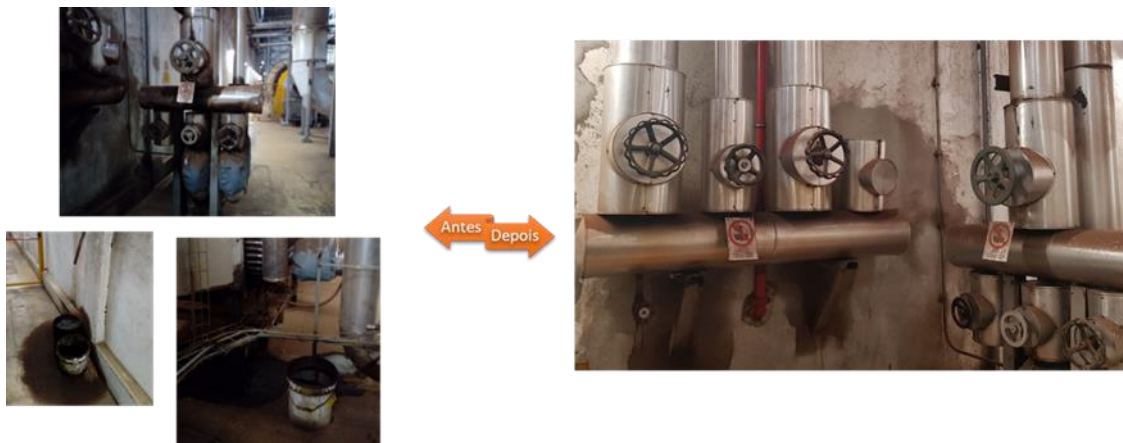


Figura 22 - Desgaste dos equipamentos

Procurando proporcionar à unidade industrial e aos operadores da manutenção melhores condições laborais, assim como potenciar ao máximo as intervenções efetuadas, foram retificadas algumas situações ligadas à manutenção dos equipamentos.

No que às purgas diz respeito, variadas vezes foi possível observar resíduos de antigas intervenções que contaminam o espaço laboral (Figura 23), constituindo um obstáculo ao bom funcionamento das operações.



Figura 23 - Contaminação Anteriores Purgas

Assim sendo, foi criado um carro de purgas (Figura 24), com um sistema de aperto rápido. Este aparelho pretende melhorar a limpeza do espaço, assim como assegurar a segurança do técnico que procede a este tipo de intervenção, pois com este aparelho o técnico não estará exposto à elevada temperatura do termofluido.



Figura 24 - Carro de purgas

A Figura 25 apresenta as tubagens de um equipamento – peneiro – utilizado para separar a cortiça de outros materiais. Estas encontravam-se bastante desgastadas e danificadas. Tratando-se da Unidade de Trituração, mesmo sendo realizada a separação

de materiais ferrosos e aridos no decorrer da linha, há sempre algum que escapa e vai, consequentemente, degradando os equipamentos. Importa salientar que são equipamentos antigos e o facto de as práticas de manutenção preventiva e autónoma terem sido abandonadas pelos colaboradores, levou a que os equipamentos chegassem a este estado de degradação. Uma grande parte do trabalho realizado neste âmbito, necessitou de passar por repor o estado inicial dos equipamentos. Isto é, primeiro é essencial garantir a funcionalidade dos equipamentos para depois ser possível implementar as desejadas melhorias.

Este é apenas um simples exemplo das várias tubagens que foram intervencionadas.



Figura 25 - Reposição das tubagens

Ao retificar todos os equipamentos, é possível diminuir as perdas de material que existiam durante todo o processo, afetando assim o rendimento da unidade. Porém, não foi possível quantificar o impacto desta medida, pois o setor abrangido era apenas uma secção da linha, não revelando impacto suficiente para apresentar dados relevantes. O grande objetivo passa por dar continuidade às boas práticas para que seja possível transpô-las para o resto da Unidade de Trituração.



Figura 26 - Reparação das tubagens

### 3.7.2.3 Melhoria de secador

Tendo sido o secador identificado como um equipamento crítico, como referido anteriormente, revelou-se necessário colmatar as carências deste aparelho. Como tal, foram identificados problemas no arranque do motor deste dispositivo. Além de repor o equipamento ao seu estado inicial, também foi aplicada uma melhoria. Ou seja, quando o equipamento era ligado, o motor atingia a velocidade máxima num intervalo de tempo muito curto, exigindo um esforço por parte do variador de velocidade. A velocidade deve subir progressivamente, fazendo com que não haja um esforço inicial repentino por parte do aparelho. Aplicando esta melhoria, é possível poupar o equipamento e, conseqüentemente, diminuir as necessidades de intervenção junto do mesmo.



Figura 27 - Secador

Com intuito de melhorar o local de trabalho dos operadores e diminuir o desperdício de matéria prima, foi aplicada uma melhoria no secador (Figura 27). Antes da intervenção, sempre que este equipamento era ativado, havia uma queda bastante acentuada de resíduos. Tal situação foi possível de colmatar com a aplicação de um novo vedante no secador.

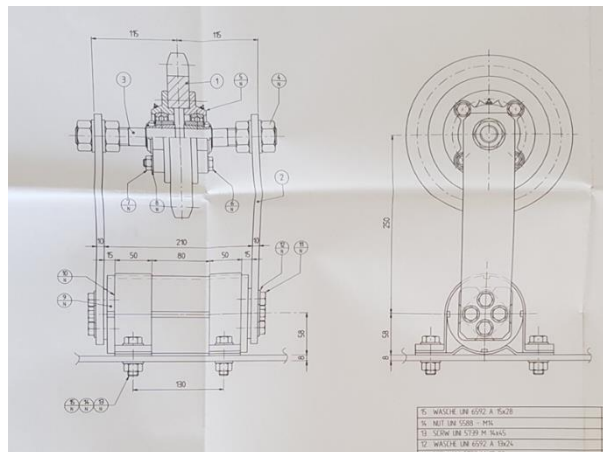


Figura 28 - Melhoria aplicada no equipamento

Nesse mesmo equipamento, cujo funcionamento era deficiente, resultando na identificação repetida de avarias, foi possível também colmatar esta falha intervindo com a aplicação de uma melhoria. Após avaliar a situação, optou-se por afinar o tensor que não se encontrava nas melhores condições. Como esta intervenção não foi suficiente, procedeu-se à aquisição de um novo, efetuando também a alteração da respetiva corrente (Figura 28).

#### 3.7.2.4 Otimização do Local de Trabalho

Uma outra necessidade identificada para otimizar o local de trabalho dos operadores passou por organizar e gerir ferramentas (Figura 29 e Figura 30). Isto é, revelou-se útil criar espaços para guardar toda a ferramenta necessária nos locais apropriados, assim como dispensar toda aquela ferramenta considerada inutilizável ou com visíveis sinais de desgaste.



Figura 29 - Seleção e organização das ferramentas



Figura 30 – Organização das ferramentas

Como último exemplo, é possível observar uma situação na qual a segurança dos operadores é posta em causa (Figura 31). Neste espaço denotava-se a existência de uma porta situada no segundo andar e que se encontrava presa por um pedaço de tecido. Para solucionar esta questão, foi colocado um fecho na porta e esta foi assinalada como tal, diminuindo assim o risco de acidente.



Figura 31 – Segurança

### 3.7.2.5 Gestão visual

A gestão visual enquadra-se num conjunto de boas práticas que sustentam os sistemas de manufatura Lean e assume como maior objetivo transmitir informação de forma simples e direta, com o mínimo de esforço e de tempo investido por parte do colaborador.

Por princípio, a gestão visual opta por condensar informação sob a forma de diagramas, tabelas ou gráficos com um código de cores facilmente interpretável. Para além de compilar e facilitar a análise de dados, esta ferramenta pode assumir um carácter mais prático, auxiliando na definição de locais para armazenar equipamentos e ferramentas de trabalho ou matérias-primas. Quadros sombra, a delimitação de espaços e a modelação digital de linhas de produção são exemplos de sistemas de Gestão Visual frequentemente aplicados (Kaizen Institute).

Tendo esta informação em conta, foi criado, com as ferramentas consideradas efectivamente necessárias para esta unidade, um armazém com todo o material

centralizado (Figura 32). Desta forma, é possível obter uma área de trabalho com maior nível de organização e, conseqüentemente, mais funcional.



Figura 32 – Criação de armazém das ferramentas necessárias

### 3.7.2.6 Codificação de equipamentos imóveis

De forma a facilitar a pesquisa de um equipamento quando seja necessário algum tipo de intervenção e a agilizar este processo foi realizada a codificação dos equipamentos (Figura 33). Deste modo, foram codificados os equipamentos para que a sua pesquisa não seja comprometida aquando da introdução do software.



Figura 33 - Codificação dos equipamentos

Esta intervenção torna-se também pertinente no sentido em que é importante conseguir identificar todos os equipamentos e assim registar todo o tipo de informação. Inclusive no fluxmanager, um software de gestão da Manutenção desenvolvido

---

internamente, quando era pretendido associar um equipamento a determinada linha para nele intervir, este processo estava condicionada pela falta desta informação.

### 3.7.3 Manutenção autónoma

Respetivamente à manutenção autónoma, foram criadas rotas para este tipo de manutenção com o intuito de garantir que serão identificadas e solucionadas falhas em estágio inicial, eliminadas paragens de produção devido a pequenas falhas, garantir a disponibilidade dos equipamentos através de ajustes, limpezas e *set-ups* rápidos, promover a performance da equipa de produção ao trabalhar em conjunto com a equipa de manutenção e, por fim, garantir a confiabilidade do equipamento, produto e processo de produção (Pinto, 2013).

A manutenção autónoma é um dos oito pilares do TPM, tendo como principal objetivo conseguir que tanto a equipa de produção como a de manutenção trabalhem em conjunto, procurando incrementar as condições de funcionamento dos equipamentos. Desta forma, torna-se possível diminuir as interrupções de produção por paragens não programadas, aumentando a eficiência do processo. O pilar da manutenção autónoma procura fornecer condições aos operadores de desenvolverem competências essenciais na rotina, como é o caso da limpeza, da lubrificação e inspeção, prestando auxílio aos operadores na resolução de possíveis anomalias durante o processo produtivo.

O foco principal da manutenção autónoma é potenciar a disponibilidade operacional dos equipamentos, agregando conceitos básicos de manutenção junto dos operadores. Posto isto, importa revelar cinco atividades que podem contribuir para a prática de manutenção autónoma na produção. São elas:

- Lubrificar o equipamento;
- Limpar o equipamento, incluindo todos os seus componentes;
- Identificar e resolver anomalias nos limites da capacitação desenvolvida;
- Identificar e propor soluções para pontos de sujidade e locais de difícil acesso;
- Acompanhar os resultados dos equipamentos, propondo melhorias como resultado de um maior conhecimento destes.

Com estas atividades, a equipa de produção consegue adquirir novas habilidades, deixando de lado a monotonia da rotina. Assim, a manutenção deixa de ser um mal

necessário, passando a ser um parceiro vital que estará disposto a prestar auxílio sempre que for preciso. Toda esta dinâmica foi acompanhada pelos operadores deste setor e pelo team leader da unidade.



Figura 34 – Implementação de rotas de manutenção autónoma

Como é possível observar na Figura 34, está presente um documento onde constam quatro tipos de intervenções a serem desempenhadas pelos operadores (Limpeza; Inspeção; Lubrificação; Intervenção) e a periodicidade das mesmas. Esta mesma periodicidade foi assinalada através de um código de cores, sendo que:

- Amarelo – mensal (a unidade industrial deve organizar as suas ações e agendar esta tarefa que necessita ser executada uma única vez por mês);
- Verde – semanal (tarefas a serem desempenhadas uma vez por semana);
- Azul – por turno (ou seja, são tarefas que necessitam ser realizadas três vezes por dia, uma em cada turno).

Ao lado direito encontra-se a folha de registo (ANEXO2) onde o operador, sempre que realizar a tarefa, deve assinalar a sua intervenção, para que assim seja possível auditar o local a fim de garantir que a manutenção autónoma está a ser realizada. Assim, é evitado o desgaste prematuro dos equipamentos e libertada a equipa de manutenção para outras tarefas. Para estas rotas de manutenção autónoma foram considerados

todos os equipamentos presentes no sector da unidade de trituração onde o desenvolvimento deste trabalho ficou alocado.

Como posteriormente foi possível observar, os registos das intervenções não estavam a ser assinalados corretamente. Foi então necessário envolver os elementos do Kaizen diário nesta dinâmica para assim garantir melhores resultados.

Na Figura 35 é possível ver um exemplo de um equipamento que consta nas rotas de manutenção autónoma criadas. Trata-se de um ponto de lubrificação que não se encontrava assinalado, sendo que agora se encontra identificado pelo símbolo de cor amarela, logo necessita de intervenção mensal.



Figura 35 - Ponto de Lubrificação

Em alguns pontos da unidade industrial foram aplicados OPL (*One Point Lesson*) (Figura 36). A OPL é uma ferramenta de apoio ao TPM, à qual se recorre para desenvolver o conhecimento e fixar informações relevantes. O seu principal objetivo é instruir de forma simples e direta os operadores do sector e os temas mais abordados são o funcionamento e manutenção dos equipamentos, a segurança do trabalho, a prevenção de falhas e melhorias. A aplicação da OPL não se limita apenas às áreas de manutenção e produção podendo ser utilizada nas outras áreas: administrativa, logística, qualidade, entre outros. Os resultados esperados na aplicação do OPL revela um impacto direto nos indicadores, aumentando assim a qualidade dos produtos e serviços.

Esta ferramenta deve ser aplicada através da apresentação de um documento de apenas uma folha e um assunto. Os principais assuntos estão relacionados com o equipamento em questão, salientando métodos de limpeza, tipos de lubrificação, inspeção de equipamentos e segurança. Importa que sejam descritos de forma simplificada para facilitar a entendimento sobre o tema, sendo, idealmente, 80% com desenhos ou

diagramas e 20% com texto. A OPL deve ser preparada por supervisores que dominam o assunto em causa.

Neste caso que se pode observar, a OPL surgiu após se ter identificado que o reservatório deste equipamento estava recorrentemente vazio. Tratando-se de um reservatório de óleo, o que é solicitado nesta OPL é que quando o operador detetar que o nível de óleo está abaixo do mínimo, deve contactar a manutenção para que o mesmo seja repostado.

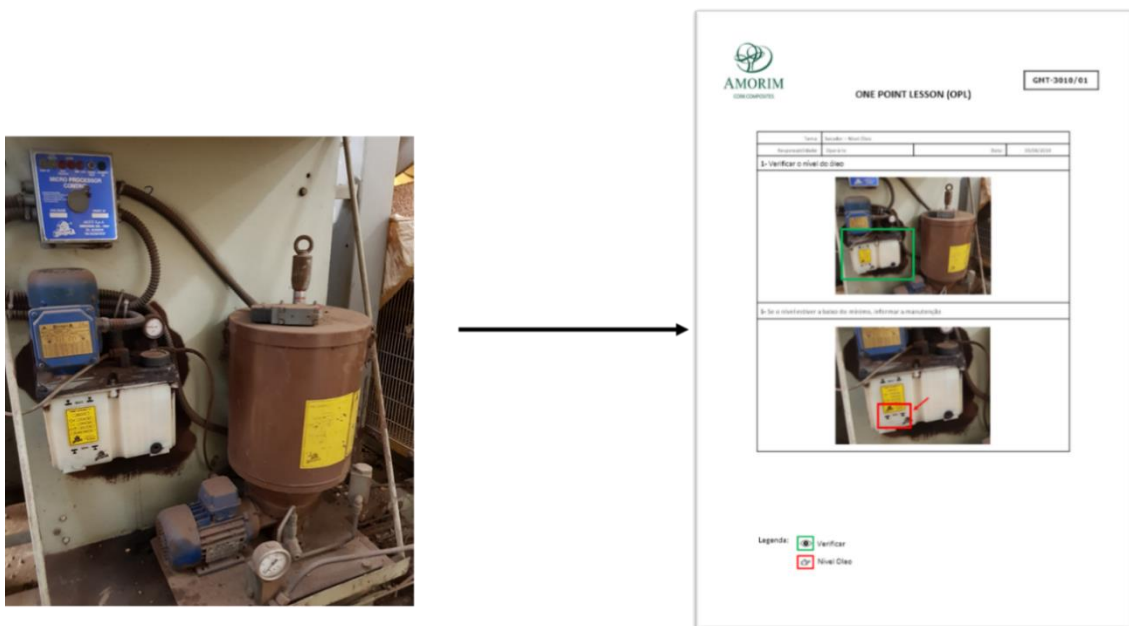


Figura 36 – OPL do reservatório de óleo

### 3.7.3.1 Ajuste de Equipamentos

O equipamento observado na Figura 37 – os Peneiros – representa uma grande fonte de sujidade. Neste caso em concreto, essa sujidade depositava-se no piso de baixo, mais concretamente nas balanças. Como tal, verificou-se a necessidade de vedar o equipamento e assim conseguir prevenir a queda de algum tipo de ferramentas e incidentes com os operadores. Foi também possível prevenir a colmatção das Balanças, uma vez que estas são um equipamento bastante sensível e que se encontrava logo por baixo dos peneiros.



Figura 37 - Melhoria nos peneiros

### 3.7.4 Manutenção preventiva

#### 3.7.4.1 Funcionamento posterior ao plano de manutenção

A informação acerca dos equipamentos encontrava-se dividida em suporte de papel, em capas e no conhecimento dos operadores. Desta forma, não era possível aceder de uma forma sistematizada, com acesso a partir de um só local às informações dos equipamentos. Como já foi mencionado, a empresa não possuía qualquer informação sobre os equipamentos anteriormente referidos, daí a necessidade de criar uma base dados com as principais características destes tais como, a marca, a referência, a sua localização, entre outras. Após a criação da base dados (Figura 38), a empresa passou a possuir de uma forma mais organizada e de mais fácil acesso a informação necessária.

MDT's									
	Sector	Tipo	Maq. Nr.	Ano	Motor	TSF saída			
MDT 001	Reproc.								
MDT 002	3ª trit.	VAZ 145/250	311301	1999	75 kw	Tipo TFS 315			
MDT 003	Pré-trit.	VAZ 145/250	506401	2000		Tipo SCHNECKE			
MDT 004	4ª trit.	VAZ 145/135	506701	2000	22Kw	Tipo SCHNECKE			
MDT 005	2ª trit.								
MFA's									
	Sector	Tipo	Série	Ano	n. inside max	Motor	ALI		
MFA 009	3ª trit.	PSKM 8-460				110Kw			
MFA 010	1ª trit.	PSKM 8-460	0179.99.069	1999	2368	110Kw	Tipo UE 300/370x1050 F		
MFA 011	1ª trit.	PSKM 8-460	0179.99.070	1999	2368	110Kw	Tipo UE 300/370x1050 F		
MFA 012	2ª trit.	PSKM 8-460	0179.01.077	2001	2368	110Kw	Tipo UE 300/370x1050 F		
MFA 013	3ª trit.	PSKM 8-460	0179.2006.0085	2006	1200	110Kw			
MFA 014	4ª trit.	PSKM 6-350	0178.2000.0030	2000		55Kw			
MIM's									
	Sector	Auftrags-Nr.	Tipo	Maq. Nr.	Ano	Rotor n. max	Motor	SEP	Mancal veio
MIM 001	1ª trit.	A 94092180 0001	CUM 680/CGM	6483	1994	3100	75Kw	Tipo Rapid 2000/150	Tipo 1175003401
MIM 002	1ª trit.	94112500/1	CUM 680/CGM	6570		3160	75Kw	Tipo Rapid 2000/150	Tipo 1175000201
MIM 003	Reproc.						75Kw	Tipo Rapid 2000/150	
MIM 004	1ª trit.	94081894 1	CUM 680 CSK	6481	1994	950-1260	75Kw	Tipo Rapid 2000/150	

Figura 38 - Base de dados de características dos equipamentos

### 3.7.4.2 Criação de ferramenta informática de minimização de tempos de pedidos

Tendo em conta que as práticas de manutenção preventiva não estavam a ser implementadas na fábrica, optou-se por partir do “ponto zero”, criando um histórico de intervenções aos equipamentos. Posto isto, surgiu a necessidade de criar esta ferramenta, com o intuito de, futuramente, analisar a periodicidade dos diferentes tipos de intervenções que são feitas aos equipamentos e, desta forma, tornar possível a antecipação e programação destas intervenções.

A tecnologia é uma ferramenta que presta um auxílio precioso à indústria e deve ser utilizada de forma a melhorar todos os processos associados à produção e manutenção. Posto isto, foi realizado um levantamento de *spare parts* que até ao momento era inexistente, com o intuito de criar uma ferramenta informática que minimizasse os tempos dos pedidos.

A criação desta ferramenta está assente em dois grandes objetivos. O primeiro tem por base a centralização de toda a informação que se encontrava dividida por arquivos ou apenas presente no *know-how* dos técnicos. Com a produção desta ferramenta, pretende-se ganhar tempo e enriquecer o departamento da manutenção com informação de qualidade, informação que será útil para diversos fins que irão otimizar todos os processos de intervenção (Figura 39).

Unidade Industrial	Centro Custo	Sector	Tipo Equip.	Equipamento	Orgão	Componente	Tarefa	Código	Descrição	Marca	Referencia	Qt.
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003					Polla	N/A	PHF 105PB250TB	1
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003					Taper Lock	N/A	PHF TB 3335X75	1
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Substituição de correias		Correia	N/A	PHG SP83750X5	2
GMT	G300	Pré-Trituração	ALU	ALU 014					Correia	N/A	PHG XPA2500	4
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003					Rolamento	N/A	2228 CCK/W33	1
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003					Casquilho	N/A	H 3128	1
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003					Rolamento	N/A	23180 CCK/W33	1
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003					Casquilho	N/A	H 3130	1
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Aplicação de pastilhas novas	2519990317	Concave	N/A	Concave 40x40x20	144
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Aplicação de contra facas novas	25141001018	Contra-Facas	N/A	P/Vaz 145/250 U	5
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Substituição rotor	25147000100	Rotor	N/A	VEM K118 280 M4NF 90KW	1
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Aplicação de pastilhas novas	25118109400	Anilha	N/A	M12 DIN 43	144
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Aplicação de pastilhas novas	25102282506	Parafusos	N/A	Din 931 M12x65 - 10.9	144
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Aplicação de contra facas novas	2510200907	Parafusos	N/A	Din 912 M16x35 - 8.8	5
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Virar pastilhas	2519990317	Concave	N/A	Concave 40x40x20	20
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Virar pastilhas	25118100600	Anilha	N/A	M12 DIN 43	20
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Virar pastilhas	25102282506	Parafusos	N/A	Din 931 M12x65 - 10.9	20
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 285					Retentor	N/A	88X80X10 BASL	2
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 285					Carreto	N/A	PHS 168-1TB17	1
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 285					Taper Lock	N/A	PHF TB 2012X40	1
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 285					Carreto	N/A	PHS 168-1TB23	1
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 285					Taper Lock	N/A	PHF TB 2517X30	1
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 440					Carreto	N/A	PHS 168-1TB16	1
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 440					Taper Lock	N/A	PHF TB 2012X30	1
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 440					Carreto	N/A	PHS 168-1TB23	1
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 440					Taper Lock	N/A	PHF TB 2517X30	1
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 462					Carreto	N/A	PHS 168-1TB24	1
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 462					Taper Lock	N/A	PHF TB 2517X30	1
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 462					Carreto	N/A	PHS 168-1TB15	1
GMT	G300	Pré-Trituração	ECL	ECL 462					Taper Lock	N/A	PHF TB 1610X35	1
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Lubrificação do equipamento					
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Aplicação de contra facas novas					
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Substituição de crivos					
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Limpeza do equipamento					
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Substituição guias gaveta					
GMT	G300	Pré-Trituração	MDT	MDT 003			Substituição rotor					
G301	18 trit.	BAL	BAL	BAL 141	Pneumático	Cilindro			Festo		Festo DSNU-25-80-PPV-A	1
G301	18 trit.	BAL	BAL	BAL 157	Pneumático	Cilindro			Festo		Festo DSNU-25-125-PPV-A	1
G301	18 trit.	BAL	BAL	BAL 157	Pneumático	Cilindro			Festo		Festo DNCB-52-200-PPV-A	2
	Correiam	B/MR	B/MR	B/MR 171	Transmissão	Amanha					4TB-Rotax 78	1

Figura 39 – Base de dados dos kits de intervenção

O segundo objetivo passa por utilizar esta base de dados na ferramenta seguinte (Figura 40). De momento, esta base de dados está a ser utilizada e testada na unidade industrial

do projeto, para que sejam aplicados os ajustes necessários e a ferramenta possa ser utilizada em toda a fábrica. Através desta ferramenta, será possível criar kits de manutenção, ou seja, kits onde é possível ter acesso a todo o material necessário, desde uma simples anilha e parafuso até aos rolamentos e componentes eletrónicos necessários para cada tipo de intervenção.



Figura 40 - Ferramenta de pedidos de manutenção

A carência desta ferramenta surgiu com o acompanhamento que era feito aos MDT’s (moinhos destroçadores), sendo que este equipamento sofria intervenções de 2 em 2 semanas, fossem elas para mudar pastilhas, virar pastilhas ou mudar pastilhas e contra facas.

Acontecia que quando a unidade industrial sentia que a linha não estava a ter o rendimento previsto, abria um pedido da manutenção para avaliar os moinhos, uma vez que estes são os principais responsáveis por este “sintoma”. Posto isto, o técnico dirigia-se ao local, avaliava o equipamento e de seguida passava no armazém para procurar o material necessário. Depois, dirigia-se à oficina para levantar o equipamento necessário e só então é que procedia à intervenção inicialmente solicitada. O caso mais drástico que foi analisado foi no MDT que, como referido, é um equipamento que sofre intervenções contínuas, as quais demoram, em média, 5 horas, o que corresponde praticamente a um turno de trabalho.

Com o acompanhamento realizado junto destas intervenções, constatou-se que sem ter qualquer tipo de custo financeiro e sem alterar nenhum tipo de equipamento, apenas criando esta simples ferramenta foi possível ganhar cerca de 30 minutos em cada intervenção.

É também da maior importância formar os operados das máquinas para serem capazes de avaliar o desgaste do equipamento, perceber qual a intervenção que de facto é necessária fazer e passar essa informação ao seu supervisor. De seguida, o supervisor vai preencher o ficheiro com a informação necessária e a ferramenta informática envia um email tanto para o armazém, como para a manutenção. Esta ação vai permitir ao colaborador do armazém preparar de imediato o *kit* de intervenção, assim como vai permitir que o técnico prepare a sua ferramenta (Figura 41). Encontrando-se esta fase alinhada, apenas é dispensado o tempo necessário para concluir a intervenção, que por si só é muito morosa.

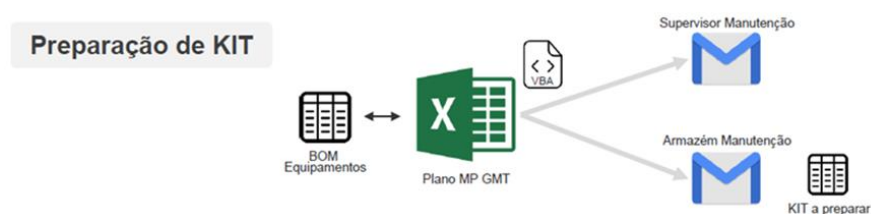


Figura 41 - Diagrama de preparação de kits

Para que fosse possível melhorar os tempos das intervenções, seria necessário a empresa investir na modificação dos equipamentos.

Tendo em conta que a área da cortiça é uma indústria muito específica, não utiliza equipamentos industrializados, isto é, todos os equipamentos são desenvolvidos especificamente para este efeito. Este factor torna-se um ponto menos favorável no que à manutenção diz respeito, pois existem muitas avarias por as máquinas não serem projetadas para este tipo de material, ocorrendo um desgaste de equipamento muito prematuro. Por outro lado, até à data, sempre que é projetada uma nova linha, a manutenção não é considerada, o que na maior parte das vezes leva à falta de condições para intervir nos equipamentos. Este factor acaba por prejudicar tanto os indicadores de manutenção (MTTR), assim como a própria produção.

#### 3.7.4.3 Criação de ferramenta informática de indicadores de manutenção preventiva

Tendo em conta que, na fase inicial deste estudo, o departamento apenas se encontrava a realizar manutenções corretivas, para realizar este trabalho procurou-se recuperar as rotas de manutenção preventiva que já tinham sido postas em prática anteriormente. A recuperação destas rotas teve como objetivo diminuir os tempos de paragem não planeados e assim gerir todas as tarefas de manutenção preventiva que estavam a ser executadas.

Nesta ferramenta é descarregada toda a informação que os técnicos adquirem no local, (Figura 42) seguindo *check-lists* de manutenção preventiva, conforme o Anexo 3, onde verificam se o equipamento está ou não de acordo com os parâmetros esperados e, no caso de não estar, saber identificar o que é necessário para o repor ao seu estado inicial.

Rota:	23
Tipo de Rota:	Mecânica
Periodicidade:	12x/ano
Mês:	Fev
Executante:	José Alves
Tempo Total (horas):	5

GUARDAR REGISTO

Equipamento	Localização	Equipamento associado	C	NC	Observação
SEC 004	Secagem		x		
SEC 041	Secagem		x		
SEC 043	3ª trit.			x	Nota1
SEC 044	1ª trit.			x	nota2
SEC 046	Secagem				

doc - ACC.079.2

C Conforme  
NC Não Conforme

Figura 42 - Registo de manutenção preventiva

Toda essa informação é descarregada para o *Power BI* (Figura 43), um serviço de análise de negócios que fornece informações para permitir decisões rápidas e informadas. Trata-se de uma ferramenta possível de utilizar em qualquer dispositivo.



Figura 43 - Diagrama de criação de *dashboards*

Esta ferramenta permite o tratamento de dados de uma forma simples e bastante interativa. Na impossibilidade de demonstrar os resultados obtidos no contexto empresarial onde este trabalho foi desenvolvido, e de, conseqüentemente, apresentar dados pertinentes para esta análise, visto que as permissões de acesso só estão disponíveis no corpo da direção, é possível consultar na Figura 44 exemplos das *dashboards* que esta ferramenta nos permite construir.

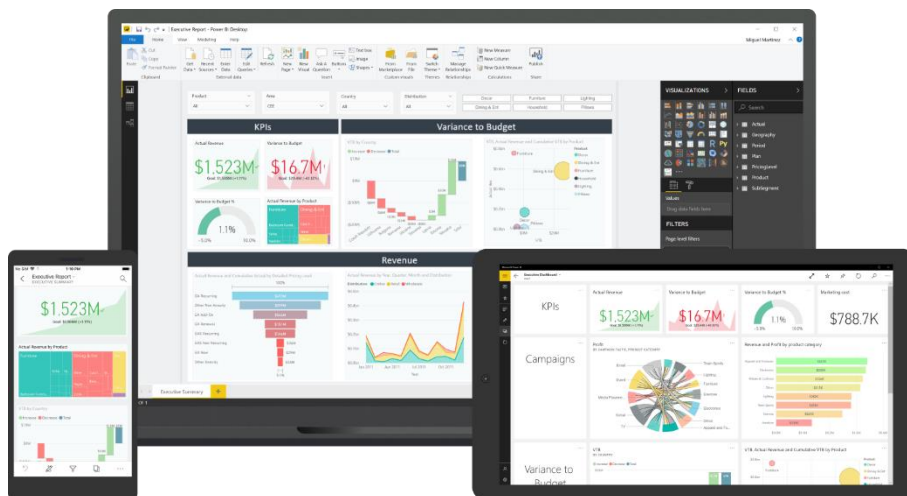


Figura 44 - Exemplo de *dashboard* Power BI (adaptado de [powerbi.microsoft.com](https://powerbi.microsoft.com))

Através destes pequenos grandes passos, foi possível construir indicadores de manutenção que até à data não existiam.

Com esta ferramenta foi possível passar de 0% de tarefas preventivas realizadas em toda a fábrica, para cerca de 47%, visto que alguns técnicos com mais anos de experiência tinham por hábito adotar as boas práticas de realizar algumas dessas intervenções, mas não efetuavam nenhum registo das tarefas realizadas. Atendendo à dimensão fabril e ao curto espaço de tempo da implementação deste projeto, é possível considerar um grande avanço.

# CONCLUSÕES



---

## 4 CONCLUSÕES

Este trabalho encerra com um capítulo que reúne as conclusões do trabalho desenvolvido na corticeira, que teve como finalidade aperfeiçoar os índices de manutenção praticados na Unidade Industrial de Trituração. A importância de ser desenvolvido e, posteriormente, aplicado um bom plano de manutenção aos equipamentos mais críticos, conduziu a uma melhoria em várias dimensões.

Todo o sistema de manutenção está assente em planos de manutenção apropriados para a unidade em questão. Para esse efeito, estes devem ser desenvolvidos em consonância com a necessidade de colmatar os principais problemas.

Os planos de manutenção têm como finalidade detalhar todas as atividades da manutenção programada, designadamente inspeções, atividades de manutenção preventiva, preditiva e curativa, mediante as suas prioridades. Porém, os planos de manutenção definem unicamente o que deve ser feito e em que condições. Mediante essa situação, e para que as tarefas de manutenção sejam bem desenvolvidas, deve ser explicado como cada uma delas deve ser realizada. Importa que a participação das pessoas nessas funções seja ativa, tendo início nas tarefas que se consideram mais críticas. Em suma, fica ao encargo da manutenção encontrar o compromisso mais razoável compatível com os objetivos da empresa e orientar por eles as suas decisões futuras.

É essencial para qualquer negócio estar ao nível da mais elevado de competição de mercado e ser capaz de se adaptar às eventuais reviravoltas dos mercados. Tendo esta ideia em conta, é preferível uma hora perdida em manutenção do que numerosas horas de paragem de produção, devido a negligência. A área de manutenção proporciona uma grande margem de exploração e melhoria, sendo que o objetivo passa por querer sempre mais e melhor.

Este projeto desenvolveu-se com o intuito de diminuir o número de intervenções de manutenção não planeada, assim como de manutenções corretivas. Ou seja, o propósito sempre foi caminhar em direção à manutenção preventiva, assim como à manutenção preditiva.

---

Como em qualquer projeto, foram sentidas algumas adversidades que com persistência e com o decorrer do tempo foram sendo ultrapassadas.

Durante a realização deste trabalho, a principal limitação sentida prendeu-se com a inexistência de informação relativa aos equipamentos e ao historial de intervenções às quais estes foram sujeitos. Tratando-se da primeira vez que este tema foi abordado, considera-se normal a resistência sentida no desenvolvimento do mesmo. Tal reação faz parte do processo de conhecimento, o qual vai aumentando à medida que se estudam, analisam e pesquisam ciências relacionadas com a área. Porém, este atrito vivido revelou-se essencial no desenvolvimento das medidas em questão.

Após ser ultrapassada esta resistência inicial, surgiu um novo problema, desta vez relacionado com a dificuldade em melhorar a implementação deste plano de manutenção no conjunto de equipamentos. Mais uma vez, a ausência da elaboração de uma prática semelhante no passado, causou algum desconforto.

Aliada a esta situação, associou-se a resistência à mudança por parte dos colaboradores. Habitualmente, as empresas adaptam os seus colaboradores à sua cultura, sendo que essas normas se vão enraizando com o passar do tempo. Quando algo diferente se faz sentir e sendo necessário alterar algumas das rotinas vividas pelos colaboradores, é normal que alguma resistência se faça sentir, sendo importante trabalhar estas mudanças.

A necessidade de ajustar e atualizar o plano de manutenção, de forma mensal, revelou-se fundamental, uma vez que os equipamentos são utilizados de diferentes formas, semana após semana, variando com a necessidade de produção, conduzindo assim à pertinência de organizar um plano heterogéneo no que diz respeito aos tempos entre as manutenções a efetuar. Deste ponto de vista, ponderou-se qual seria a melhor forma de organizar um plano de manutenção. Para dar resposta a esta questão, foi necessário ter em conta a importância de um histórico que permita moldar esse plano para combater as necessidades da organização e deste modo evitar que a manutenção possa ocorrer fora dos tempos de intervenção necessários.

Posto isto, conclui-se que não existe um plano de manutenção ideal a ser aplicado. Existe sim um plano que seja variável e, principalmente, capaz de se moldar e encontrar soluções atendendo às contantes mudanças nas intervenções necessárias a realizar.

Ultrapassadas estas limitações, perfeitamente compreensíveis, o trabalho foi desenvolvido com a normalidade esperada.

---

Posteriormente à implementação de todas estas melhorias, continua a ser possível identificar outras intervenções pertinentes na Unidade Industrial de Trituração. Para potenciar o processo produtivo e reduzir o número de paragens decorrentes de avaria, seria pertinente proceder às seguintes intervenções:

- Isolamento de Quadros Elétricos;
- Instalação de um Eletroímã;
- Instalação de um Tira Pesados.

A experiência adquirida no desenvolvimento deste trabalho nesta realidade fabril, e a oportunidade de colaborar e acompanhar de uma forma mais direta todas as atividades da equipa de manutenção, em simultâneo com a execução dos objetivos propostos, tiveram um peso preponderante nos conhecimentos adquiridos.

Para finalizar, a dedicação dada a este projeto contribuiu para melhorar as aptidões profissionais e a capacidade de integrar e coordenar uma equipa de manutenção de uma unidade industrial.



**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES  
DE INFORMAÇÃO**



---

## 5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

Ahuja J.S e Khamba, I. (2008). *Total productive maintenance: literature review and directions*. International Journal of Quality & Reliability Management, 709-756

Amaral, F. D. (2016). *Gestão da Manutenção na Indústria*. Lisboa: Lidel.

Boris, S. (2006). *Total Productive Maintenance*. McGraw Hill.

Cabral, J. P. (2004). *Organização e Gestão da Manutenção - Dos Conceitos à Prática ...* Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, Lda.

EGF- Empresa Geral do Fomento (1982). *Análise tecnológica do sector corticeiro*, Vol. I e II, Lisboa.

Faria, J. A., Nóvoa, M. H. (2012). *Acetatos de apoio à cadeira de Gestão da Qualidade*. Feup.

Ferreira, L. A. (1998). *Uma Introdução à Manutenção*. Porto: Publindústria, Edições Técnicas.

Filho, G. B. (1996). *Dicionário de termos de manutenção, confiabilidade e qualidade*. Abraman.

Gil, L. (1998). *Cortiça – Produção, Tecnologia e Aplicação*. Lisboa: Ed INETI.

Instituto Português da Qualidade (IPQ) (2007). *Norma Portuguesa – NP EN 13306, 2007*. Lisboa: Autor.

Lima, W. C., Lima, C. R., Salles, A. A. (2008, novembro). *Manutenção Preditiva, o Caminho para a Excelência - Uma Vantagem Competitiva*. Paper ou Poster session presented at the XIII SIMPEP, São Paulo, Brasil.

Marcorin, W. R., Lima, C. R. (2003). *Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos*. *Revista de Ciência e Tecnologia*, 11 (22), 35-42.

Moubray, J. (1997). *RCM II: Reliability Centered Maintenance*. Industrial Press Inc.

---

Moubray, J. (2000). *Manutenção centrada em confiabilidade*. Lutterworth: Aladon Ltd.

*Norma Portuguesa - Guia para a implementação de gestão da manutenção*. Instituto Português de Qualidade, 2009.

Pinto, A. K., Nascif, J. (2001). *Manutenção - função estratégica*. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora Lda.

Pinto, Vitor M. *Gestão da Manutenção*. IAPMEI - Instituto de Apoio às Pequenas e Médias Empresas e ao Investimento, 2004.

Pinto, J. P. (2013). *Manutenção Lean*. Lisboa: Lidel – Edições Técnicas.

Pitéu, J. T. V. (2011). *Manutenção de Edifícios, Manutenção das Instalações Técnicas de um Grande Edifício*, Tese de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.

Power BI (2019). Retrieved from <https://powerbi.microsoft.com/pt-pt/>.

**ANEXOS**



## 6 ANEXOS





















## 6.1 ANEXO 1

## Rota de Manutenção Preventiva

Mecânica <input type="text"/> Eléctrica <input type="text"/> Autónoma <input type="text"/> Predictiva <input type="text"/>					
<i>Lista Operacional MDT 03</i>					
Item	Acção	Tarefa	Ferramenta	Material	Tempo
1		Lubrificação de chumaceiras e sistema de accionamento alimentador. (35g)		Massa Lítio	5
2		Verificação de tensionamento de correias de transmissão (F=50N penetr. 20,92mm) ALI			5
3		Verificação estado desgaste correias.			5
4		Verificação das protecções mecânicas das transmissões			3
5		Verificação de ruídos em motoredutores/motores			2
6		Verificação de fugas e nível de óleo nos motoredutores			2
7		Verificar a existencia de fugas nas ligações hidráulicas, rígidas e flexíveis.			3
8		Verificação de aperto dos parafusos alimentador.			5
9		Teste sistemas de Segurança			5
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					35

## 6.2 ANEXO2

## Rota de Manutenção Autónoma

Linha: Pré-Trituração		PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA - ROTA 1						
Legenda dos Símbolos:     Inspeção   Lubrificação   Limpeza   Intervenção		Legenda das cores (Frequência):    POR TURNO   SEMANAL   MENSAL			Operador			
Nº	Componente	Tipo de intervenção	Piso	Ferramentas	Instrução	Frequência	Quando Fazer?	Tempo execução
1	Moinho Destroçador		R/C	-	Verificação de fugas de óleo nos moto-redutores e nas mangueiras	Por Turno	QUALQUER ALTURA	1 min
2	Moinho Destroçador		R/C	Vassoura, ar comp. e desperdícios	Limpeza da área	Por Turno	FIM DE TURNO	5 min
3	Moinho Destroçador		R/C	-	Verificação dos dispositivos de segurança.	Por Turno	FIM DE TURNO	30s
4	Rotor ; Alimentador ; TSF descarga	  	R/C 1º andar	Bomba massa - Massa lítio	Limpeza e verificação do estado do equipamento e lubrificar as chumaceiras	Mensal	QUALQUER ALTURA	2 min
5	Pastilhas + contra-facas, Crivos		1º andar	-	Verificar estado de desgaste	Semanal	QUALQUER ALTURA	2 min
6	Motor		1º andar	Bomba massa - Massa lítio	Lubrificação de rolamentos	Mensal	QUALQUER ALTURA	1 min
7	Gaveta alimentador	  	R/C	Bomba massa - Massa lítio	Remoção da proteção, verificação do estado das guias, lubrificar o suporte da cremalheira.	Mensal	QUALQUER ALTURA	2 min
8	Central Hidraulica	 	R/C	Galp hidroliv 46	Limpeza geral da central, verificação de fugas e nível do óleo.	Semanal	QUALQUER ALTURA	5 min
9								

## Registo de Manutenção Autónoma

## REGISTOS ROTA 2

MÊS

Operador

\* Em caso de 'Não Conformidade' fazer Pedido de Intervenção (PI) no Flux Manager

TAREFA Nº	SEMANA 1					SEMANA 2				
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

TAREFA Nº	SEMANA 3					SEMANA 4				
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										

TAREFA Nº	SEMANA 5				
	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					

Sempre que seja efetuada a tarefa assinalar com "X".

**Exemplo:** No caso das tarefas por turno deve constar "X X X "