



**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Daniela Novo Meira

**Melhoria das práticas de gestão da manutenção  
numa empresa produtora de espumas sintéticas**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade

Trabalho efetuado sob a orientação da  
**Professora Doutora Isabel Silva Lopes**

outubro de 2019

## DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

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

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

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

### *Licença concedida aos utilizadores deste trabalho*



Atribuição  
CC BY

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os que de algum modo contribuíram para a realização deste trabalho.

Antes de mais, agradeço à minha orientadora, Professora Isabel Lopes, por toda a disponibilidade demonstrada, acompanhamento, sugestões, rigor e, mais ainda, pela motivação transmitida.

Agradeço também ao CATIM – Centro de Apoio Tecnológico à Indústria Metalomecânica, pela oportunidade de estágio e realização deste trabalho em contexto industrial, numa empresa cliente ao qual é prestado apoio técnico. Ao Eng.º Francisco Alba, enquanto supervisor por parte do CATIM, e às colegas de trabalho da unidade de Qualidade e Inovação, pelo acompanhamento ao longo deste percurso. Aos interlocutores e colaboradores do sector da manutenção da empresa onde o presente trabalho foi desenvolvido, pela receptividade demonstrada e partilha de informação.

Aos meus colegas de curso, por toda a partilha e cooperação.

À minha família e amigos mais próximos, pela amizade, incentivo, paciência e, acima de tudo, por acreditarem no meu potencial.

## DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

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

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

## Melhoria das práticas de gestão da manutenção numa empresa produtora de espumas sintéticas

### RESUMO

O presente trabalho foi elaborado no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação do Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade. O principal objetivo consistiu em perceber de que forma uma organização pode aumentar a eficiência do sector de manutenção através da identificação e implementação de ações de melhoria das suas práticas de gestão da manutenção. Para tal, o trabalho foi desenvolvido em contexto industrial real, numa empresa produtora de espumas sintéticas e tecidos-não tecidos (TNT). Nesta empresa, realizou-se um diagnóstico ao estado atual da manutenção, de modo a identificar os principais problemas e possíveis ações a implementar, reduzindo ou eliminando o seu impacto na eficiência e desempenho da manutenção. A avaliação do nível de maturidade da gestão da manutenção completou o diagnóstico anterior, auxiliando na identificação das ações mais adequadas face à realidade da empresa e o seu posicionamento de acordo com os padrões de gestão da manutenção de classe mundial.

As ações abordadas no âmbito deste trabalho pretendem introduzir melhorias no processo de registo das intervenções de manutenção, na gestão de *stocks* do armazém da manutenção, no método de avaliação de desempenho do sector da manutenção e na execução das atividades de manutenção por via do reforço das precauções de segurança e ambientais.

Na sua globalidade, as ações propostas mostraram ser altamente promissoras no aumento da eficiência do sector, visto que permitem um controlo mais eficaz das atividades de manutenção, melhoram a fiabilidade da informação recolhida, tornam mais realista a avaliação do desempenho, permitem introduzir práticas de análise sistemática das avarias, tornam mais eficaz a gestão e controlo de *stocks*, melhorando a rastreabilidade dos materiais e, por fim, facilitam o fluxo de trabalho.

A seleção do CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) a implementar foi exaustivamente explorada neste trabalho. Foi selecionado o CMMS mais adequado ao contexto da organização, através da análise detalhada de um conjunto de critérios, com recurso à técnica AHP (*Analytic Hierarchy Process*).

Em suma, as ações propostas permitiram melhorar as práticas de gestão da manutenção da empresa, reforçando as práticas do TPM (*Total Productive Maintenance*), bem como as práticas de *Lean Manufacturing*, por via da redução de desperdícios.

**Palavras-chave:** Gestão da manutenção; Desempenho na manutenção; CMMS; Metodologia TPM

## Improvement of maintenance management practices in a synthetic foam production company

### ABSTRACT

This thesis was developed to accomplish the Master's degree in Quality Engineering and Management. It aimed to understand how an organization can increase maintenance efficiency by identifying and implementing actions to improve its maintenance management practices. Accordingly, the work was developed in a real industrial context, in a company that produces synthetic foams and nonwovens.

This company was submitted to a diagnosis of the current state of maintenance, so that it could be possible to identify the main problems and possible actions to be implemented, in order to reduce or eliminate their impact on maintenance efficiency and performance. The assessment of the maintenance management maturity level completed the previous diagnosis, allowing identification of the best actions to be implemented, based on the company's reality and its position in agreement with the world-class standards of maintenance management.

The actions addressed in this work are intended to improve the registration process of maintenance activities, the management of the maintenance warehouse stocks, the process of performance evaluation and the execution of maintenance activities by reinforcing safety and environmental precautions.

Overall, the proposed actions showed to be highly promising in increasing maintenance efficiency, as they allow to collect more reliable data, make performance assessment more realistic, allow the introduction of practices of systematic failure analysis, make the management and control of warehouse stocks more effective, improving materials traceability, and improve the workflow.

The selection of the best CMMS (Computerized Maintenance Management System) to be implemented was thoroughly explored in this work. The CMMS which better fitted the organizational context was selected through a detailed analysis of a set of criteria, using AHP (Analytic Hierarchy Process) technique.

In conclusion, the proposed actions improved the company's maintenance management practices, reinforcing TPM (Total Productive Maintenance) practices as well as the Lean Manufacturing practices, by reducing waste.

**Keywords:** Maintenance management; Maintenance performance; CMMS; TPM

## ÍNDICE

<b>Agradecimentos.....</b>	<b>iii</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>v</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>vi</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>x</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>xi</b>
<b>Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....</b>	<b>xii</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Objetivos e perguntas de investigação.....	3
1.3 Metodologia de investigação.....	4
1.4 Estrutura da dissertação.....	5
<b>2. Revisão bibliográfica.....</b>	<b>6</b>
2.1 Conceito de manutenção e seus objetivos.....	6
2.2 Evolução histórica da manutenção.....	8
2.3 Gestão e organização da manutenção.....	10
2.3.1 Recursos humanos e organização interna.....	11
2.3.2 Planeamento e programação da manutenção.....	13
2.3.3 Controlo da manutenção.....	15
2.4 Tipos de intervenção de manutenção.....	16
2.4.1 Manutenção preventiva.....	17
2.4.2 Manutenção corretiva.....	19
2.4.3 Manutenção de melhoria.....	20
2.5 Gestão do armazém da manutenção.....	20
2.5.1 Funções da gestão do armazém.....	20
2.5.2 Codificação e classificação dos materiais.....	21
2.6 Sistema Informático de Gestão de Manutenção.....	23
2.6.1 Definição e funcionalidades.....	23
2.6.2 Vantagens da implementação.....	25
2.6.3 Seleção do sistema a implementar.....	26
2.7 Avaliação de desempenho na manutenção.....	30

2.7.1	Indicadores económicos .....	31
2.7.2	Indicadores técnicos .....	32
2.7.3	Indicadores organizacionais .....	35
2.7.4	Modelo de Muchiri <i>et al.</i> .....	36
2.8	Manutenção Produtiva Total .....	39
2.9	Modelo de avaliação da maturidade da gestão da manutenção .....	43
<b>3.</b>	<b>Apresentação e caracterização da empresa .....</b>	<b>45</b>
3.1	Apresentação .....	45
3.2	Estrutura organizacional .....	46
3.3	Produtos e processos produtivos .....	50
3.3.1	Espumas .....	50
3.3.2	Tecidos-não tecidos volumosos (Fibras).....	51
<b>4.</b>	<b>Análise da situação atual da manutenção.....</b>	<b>52</b>
4.1	Gestão das atividades de manutenção .....	52
4.1.1	Manutenção preventiva .....	53
4.1.2	Manutenção corretiva .....	54
4.2	Registo e gestão da informação .....	54
4.2.1	Registo dos equipamentos .....	55
4.2.2	Planeamento da manutenção preventiva .....	55
4.2.3	Registo das intervenções corretivas, preventivas e de melhoria .....	57
4.2.4	Gestão e controlo de <i>stocks</i> do armazém da manutenção .....	61
4.3	Indicadores de desempenho.....	62
4.4	Avaliação do nível de maturidade da gestão da manutenção .....	66
<b>5.</b>	<b>Apresentação e implementação de ações de melhoria .....</b>	<b>74</b>
5.1	Ações de melhoria identificadas.....	74
5.2	Sistema de registo das intervenções de manutenção .....	78
5.3	Sistema de gestão e controlo dos <i>stocks</i> do armazém da manutenção .....	88
5.3.1	Registo dos materiais e requisições.....	88
5.3.2	Codificação dos materiais .....	94
5.4	Seleção do CMMS a implementar .....	98
5.4.1	Identificação dos requisitos funcionais .....	98
5.4.2	Estrutura hierárquica e critérios de avaliação .....	100
5.4.3	Alternativas a comparar .....	102

5.4.4	Importância relativa dos critérios e subcritérios .....	102
5.4.5	Classificação das alternativas e seleção do CMMS mais adequado .....	104
5.5	Sistema de avaliação de desempenho do sector da manutenção.....	110
5.6	Precauções de segurança e ambientais nas Instruções de Trabalho .....	115
<b>6.</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>118</b>
6.1	Considerações finais .....	118
6.2	Perspetivas de trabalho futuro .....	119
	<b>Referências bibliográficas.....</b>	<b>121</b>
	<b>Apêndice I – Processo de desencadeamento de ação corretiva .....</b>	<b>126</b>
	<b>Apêndice II – Análise estrutural de máquina de corte de espuma .....</b>	<b>127</b>
	<b>Apêndice III – Redução do tempo consumido em processos de registo da informação.....</b>	<b>128</b>
	<b>Apêndice IV – Critérios para aplicação do AHP .....</b>	<b>131</b>
	<b>Apêndice V – Descrição dos CMMSs a comparar .....</b>	<b>134</b>
	<b>Apêndice VI – Matrizes de comparação dos subcritérios .....</b>	<b>140</b>
	<b>Apêndice VII – Estrutura hierárquica do AHP com valores de prioridade.....</b>	<b>141</b>
	<b>Apêndice VIII – Matrizes de comparação dos CMMS .....</b>	<b>142</b>
	<b>Apêndice IX – Exemplo de instrução de trabalho reformulada .....</b>	<b>146</b>
	<b>Anexo I – Modelo de avaliação da maturidade da gestão da manutenção.....</b>	<b>147</b>
	<b>Anexo II – Listagem dos sectores alvo de manutenção .....</b>	<b>150</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Objetivos da manutenção. Adaptado de Muchiri <i>et al.</i> (2011). .....	7
<b>Figura 2</b> – Evolução da manutenção. Adaptado de Moubray (1997). .....	8
<b>Figura 3</b> – Estrutura organizacional da função manutenção. Adaptado de Pinto (2013). .....	12
<b>Figura 4</b> – Processo de planeamento da manutenção. ....	14
<b>Figura 5</b> – Tipos de intervenções de manutenção, de acordo com a NP EN 13306:2007. ....	16
<b>Figura 6</b> – Classificação dos tempos de acordo com Cabral (2013). .....	35
<b>Figura 7</b> – Modelo de medição do desempenho da manutenção. Adaptado de Muchiri <i>et al.</i> (2011). ..	36
<b>Figura 8</b> – Pilares de suporte do TPM. Adaptado de Nakajima (1988). .....	41
<b>Figura 9</b> – Organograma geral da empresa. ....	46
<b>Figura 10</b> – Organograma funcional da Divisão Industrial da empresa. ....	47
<b>Figura 11</b> – <i>Layout</i> dos espaços de trabalho ocupados pelo sector da manutenção. ....	49
<b>Figura 12</b> – Esquematização de apoio à explicação da duração das intervenções preventivas. ....	56
<b>Figura 13</b> – Fluxograma do processo de registo das intervenções de manutenção. ....	60
<b>Figura 14</b> – Gráfico dos tempos consumidos no registo e controlo das intervenções de manutenção. ..	61
<b>Figura 15</b> – Níveis de maturidade da gestão da manutenção da empresa, atuais e propostos. ....	74
<b>Figura 16</b> – Estrutura pretendida para a Ficha de Intervenção. ....	81
<b>Figura 17</b> – Exemplo de código de barras de uma intervenção. ....	82
<b>Figura 18</b> – Visualização da apresentação do campo "Sintoma", na Ficha de Intervenção. ....	84
<b>Figura 19</b> – Terminal móvel para gestão dos <i>stocks</i> . ....	88
<b>Figura 20</b> – Funcionamento integrado dos sistemas de registo das intervenções e gestão dos <i>stocks</i> . ..	93
<b>Figura 21</b> – Estrutura do código para classificação diferenciada dos materiais em <i>stock</i> . ....	94
<b>Figura 22</b> – Etiqueta com código de barras para identificação dos materiais em <i>stock</i> (exemplo). ....	98
<b>Figura 23</b> – Estrutura hierárquica para a seleção do CMMS mais adequado. ....	101
<b>Figura 24</b> – Gráfico radar com os valores de prioridade local para cada CMMS. ....	106
<b>Figura 25</b> – Valores de prioridade global das alternativas de CMMS. ....	107
<b>Figura 26</b> – Fluxograma do processo de desencadeamento de uma ação corretiva. ....	126
<b>Figura 27</b> – Diagrama hierárquico em árvore para uma máquina de corte de espuma. ....	127
<b>Figura 28</b> – Fluxograma do processo de registo das intervenções com o novo sistema de registo. ...	128
<b>Figura 29</b> – Gráfico da redução estimada dos tempos de registo e controlo das intervenções, antes e após o novo sistema. ....	129
<b>Figura 30</b> – Estrutura hierárquica com indicação dos valores de prioridade. ....	141
<b>Figura 31</b> – Exemplo de instrução de trabalho reformulada. ....	146

## LISTA DE TABELAS

Tabela I – Escala de classificação proposta por Saaty (1980).....	28
Tabela II – Matriz de julgamento. Adaptado de Saaty (1980).....	28
Tabela III – Valores de índice de consistência aleatório (IA) para matrizes de diferentes ordens. Fonte: Saaty (1980). .....	29
Tabela IV – Indicadores de desempenho <i>leading</i> . Adaptado de Muchiri <i>et al.</i> (2011).....	38
Tabela V – Indicadores de desempenho <i>lagging</i> . Adaptado de Muchiri <i>et al.</i> (2011).....	39
Tabela VI – Descrição, fórmula de cálculo e metas definidas para os indicadores atuais. ....	63
Tabela VII – Análise dos indicadores de desempenho atuais para gestão da manutenção. ....	65
Tabela VIII – Modelo de maturidade atual da gestão da manutenção da empresa. ....	72
Tabela IX – Identificação dos principais problemas da manutenção e ações a implementar. ....	75
Tabela X – Classificação dos sintomas e causas a reportar em caso de avaria.....	84
Tabela XI – Códigos atribuídos a "A - Categoria do Material". ....	95
Tabela XII – Códigos atribuídos a "BBB – Família/Sector". ....	95
Tabela XIII – Códigos atribuídos a "CCC – Subfamília/Equipamento" (consumíveis e comuns). ....	96
Tabela XIV – Códigos atribuídos a "CCC – Subfamília/Equipamento" (materiais específicos). ....	96
Tabela XV – Classificação dos materiais específicos da manutenção da máquina de contornos.....	97
Tabela XVI – Funcionalidades do sistema informático atual e do sistema informático idealizado. ....	99
Tabela XVII – Matriz de comparação dos critérios para seleção do CMMS mais adequado. ....	103
Tabela XVIII – Ordenação dos subcritérios em função do nível de prioridade.....	104
Tabela XIX – Valores de prioridade local das alternativas de CMMS. ....	105
Tabela XX – Sistema de avaliação de desempenho reformulado. ....	111
Tabela XXI – Precauções de segurança e ambientais para alguns equipamentos e infraestruturas. ...	117
Tabela XXII – Matriz de comparação dos subcritérios do Critério A (Performance).....	140
Tabela XXIII – Matriz de comparação dos subcritérios do Critério B (Usabilidade). ....	140
Tabela XXIV – Matriz de comparação dos subcritérios do Critério C (Compatibilidade e Portabilidade). .....	140
Tabela XXV – Matriz de comparação dos subcritérios do Critério D (Segurança).....	140
Tabela XXVI – Matriz de comparação dos subcritérios do Critério E (Fatores relacionados com o fornecedor).....	140
Tabela XXVII – Matrizes de comparação dos CMMS para cada subcritério. ....	142
Tabela XXVIII – Modelo de maturidade de gestão da manutenção. Fonte: Oliveira e Lopes (2019). ..	147

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

<b>AHP</b>	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
<b>API</b>	<i>Application Programming Interface</i>
<b>ATEX</b>	Atmosferas Explosivas
<b>CBM</b>	<i>Condition-based maintenance</i>
<b>CMMS</b>	<i>Computerized Maintenance Management System</i>
<b>EMM</b>	Equipamento de Medição e Monitorização
<b>EPI</b>	Equipamento de Proteção Individual
<b>ERP</b>	<i>Enterprise Resource Planning</i>
<b>FMEA</b>	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
<b>HH</b>	Homem-Hora
<b>IA</b>	Índice de consistência Aleatório
<b>IC</b>	Índice de Consistência
<b>ICD</b>	Indicador-chave de Desempenho
<b>IT</b>	Instrução de Trabalho
<b>JIPM</b>	<i>Japan Institute of Plant Maintenance</i>
<b>KPI</b>	<i>Key Performance Indicator</i>
<b>M</b>	Manutenção
<b>MCDM</b>	<i>Multi-criteria Decision Making</i>
<b>MTBF</b>	<i>Mean Time Between Failures</i>
<b>MTTR</b>	<i>Mean Time To Repair</i>
<b>MWT</b>	<i>Mean Waiting Time</i>
<b>NFC</b>	<i>Near Field Communication</i>
<b>OT</b>	Ordem de Trabalho
<b>PEI</b>	Plano de Emergência Interno
<b>PPAG</b>	Políticas de Prevenção de Acidentes Graves
<b>RC</b>	Razão de Consistência
<b>RCM</b>	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
<b>RFID</b>	<i>Radio Frequency Identification</i>
<b>RH</b>	Recursos Humanos
<b>SGQ</b>	Sistema de Gestão da Qualidade
<b>SI</b>	Sistema Informático
<b>SM</b>	Serviços de Manutenção
<b>SQL</b>	<i>Structured Query Language</i>
<b>TNT</b>	Tecidos-não tecidos
<b>TPM</b>	<i>Total Productive Maintenance</i>
<b>VBA</b>	<i>Visual Basic for Applications</i>

## 1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho foi desenvolvido no âmbito da unidade curricular de dissertação do 2º ano do Mestrado em Engenharia e Gestão da Qualidade, da Universidade do Minho. O trabalho decorreu em contexto empresarial, tendo como objetivo a melhoria das práticas de gestão da manutenção numa empresa cuja principal área de atividade é a produção e comercialização de espumas sintéticas. Neste capítulo, apresenta-se um enquadramento sobre a temática, assim como os objetivos e perguntas de investigação a que se pretendeu dar resposta, a metodologia de investigação utilizada para esse efeito e, por fim, a estrutura da dissertação adotada.

### 1.1 Enquadramento

A revolução industrial foi uma das alavancas para a globalização e, desde então, o aumento da complexidade dos equipamentos industriais tem vindo a tornar a manutenção uma área de estudo desafiante. A globalização, a constante mudança das necessidades do mercado e a crescente concorrência global, enfatizaram o processo de melhoria da gestão da manutenção como uma forma de aumentar a competitividade das organizações (Riis, Luxhøj, & Thorsteinsson, 1997).

A gestão da manutenção é um sector importante para a economia. Mobley (2002) refere que, dependendo do tipo de indústria, os custos de manutenção podem representar entre 15 a 60% dos custos dos bens produzidos e que cerca de 1/3 de todos os custos da manutenção é gasto na implementação de manutenção não necessária ou não apropriada, o que se traduz numa baixa eficiência da gestão da manutenção. Como consequência desta ineficiência, observou-se que, até ao ano de 2002, eram gastos a cada ano 300 biliões de dólares em manutenção, pela indústria norte-americana. Outro estudo conduzido por Dhillon (2002) mostra que, até 1970, o custo de manutenção no Reino Unido era cerca de 3 000 milhões de libras por ano. Estes dados evidenciam que, as práticas inadequadas de manutenção do passado, afetaram adversamente a competitividade organizacional, reduzindo o rendimento e a fiabilidade das instalações de produção.

Uma gestão da manutenção eficiente, além de reduzir os custos associados, influencia significativamente a qualidade dos produtos e contribui para um aumento da segurança e um aumento do tempo de vida dos equipamentos (Söderholm, Holmgren, & Klefsjö, 2007). Nesse sentido, é necessário mudar os paradigmas antigos em que a manutenção é vista como um *centro de custos* da empresa, visão partilhada por alguns gestores, que mencionam que “A manutenção é um mal necessário” (Mobley,

2002). Contrariamente, Liyange e Kumar (2003) e Markeset (2004) incentivam a olhar para a manutenção como um processo de agregação de valor. Em termos financeiros, a manutenção pode representar entre 20 a 40% do valor acrescentado de um produto, à medida que este percorre o processo produtivo (Eti, Ogaji, & Probert, 2006; Hora, 1987).

Atualmente, a manutenção é encarada como uma atividade dinâmica, que visa aumentar a disponibilidade dos equipamentos produtivos, garantir a qualidade do produto e o cumprimento dos requisitos legais aplicáveis e promover a segurança de todos os colaboradores e a preservação do meio ambiente (Cabral, 2013; Söderholm et al., 2007). As indústrias, estando conscientes desta complexidade, e de modo a garantirem uma gestão eficiente da manutenção, implementam metodologias e técnicas de manutenção, como é o caso da Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM, sigla da designação em inglês *Reliability Centered Maintenance*), a Manutenção Produtiva Total (TPM, *Total Productive Maintenance*) e a Análise modal de falhas e seus efeitos (FMEA, *Failure Mode and Effects Analysis*) (Söderholm et al., 2007).

O TPM é uma metodologia de manutenção introduzida no Japão, em 1971, por Nakajima (1988). Consiste numa abordagem que promove a integração da função manutenção no processo produtivo, tendo em vista o aumento da eficiência produtiva através da participação dos operadores na execução de tarefas diárias de manutenção (Ahuja & Khamba, 2008; Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2005). A implementação bem-sucedida do TPM é capaz de reduzir até 1/50 do número de falhas inicial, aumentar a operacionalidade das máquinas entre 15 a 25%, reduzir os defeitos até mais de 80% e aumentar em cerca de 40 a 50% a produtividade dos colaboradores (Pinto, 2013).

Olafsson (1990) enfatiza que, um pré-requisito inicial para a implementação do TPM numa empresa, é a instalação de um CMMS (*Computerized Maintenance Management System*). Um CMMS consiste num *software* de gestão da manutenção, que funciona como uma ferramenta de recolha, armazenamento e análise de dados (Labib, 1998). Jamkhaneh, Pool, Khaksar, Arabzad, e Kazemi (2018) mostram que a implementação de um CMMS tem um impacto positivo na eficácia do TPM e que, para tal, devem considerar-se alguns fatores organizacionais de suporte, como é o caso da alocação de recursos, o suporte da gestão de topo e o envolvimento de todos os funcionários.

Na mesma lógica, Crespo Marquez e Gupta (2006) afirmam que uma gestão eficiente da manutenção inclui, mas não se limita, ao suporte de um sistema informático, i.e., os CMMSs. Também Wienker, Henderson e Volkerts (2016) admitem que, sem um CMMS, a gestão da manutenção é quase impossível.

Idealmente, um CMMS deve permitir a recolha de dados em tempo real e funcionar como uma ferramenta de análise e diagnóstico, que fornece informações de apoio à decisão, nomeadamente através do cálculo de indicadores-chave de desempenho, ou KPIs (*Key Performance Indicators*), desde indicadores económicos, técnicos e organizacionais (Cabral, 2013; Labib, 1998; NP EN 15341, 2009).

Na gestão da manutenção, é frequente utilizarem-se KPIs como é o caso do MTBF (*Mean Time Between Failures*) e o MTTR (*Mean Time To Repair*). O principal desafio na monitorização do desempenho da manutenção é garantir a consistência e a fiabilidade da informação que integra os KPIs, que devem ser eleitos de acordo com os objetivos estratégicos da organização e de modo a que permitam uma visão holística da gestão da manutenção, cobrindo várias perspetivas. Ao garantir uma correta seleção de um conjunto de KPIs consistentes e alinhados com a estratégia organizacional, é possível analisar criticamente os resultados e tomar decisões efetivas para melhoria do desempenho (Cabral, 2013; Muchiri, Pintelon, Gelders, & Martin, 2011).

A empresa no qual o presente trabalho foi desenvolvido, motivada pela vontade de adotar uma cultura de melhoria contínua, levantou a necessidade de melhorar as suas práticas de gestão da manutenção, de modo a promover um aumento da eficiência do sector e, conseqüentemente, aumentar os seus níveis de maturidade. Em resposta a esta necessidade, pretendeu-se identificar e colmatar os principais problemas que limitam a eficiência do sector, nomeadamente no que se refere ao processo de registo e controlo de informação, gestão e controlo dos *stocks* e avaliação do desempenho da manutenção.

## 1.2 Objetivos e perguntas de investigação

A pergunta de investigação ao qual se pretende dar resposta com a realização deste trabalho é:

“Como poderá uma organização aumentar a eficiência do sector da manutenção através da identificação e implementação de ações de melhoria das práticas de gestão da manutenção?”

Em resposta a esta questão, irá proceder-se a um diagnóstico do estado atual da manutenção numa empresa em particular. Partindo desse diagnóstico, o principal objetivo deste trabalho é auxiliar qualquer organização no processo de identificação de problemas e desperdícios, numa abordagem *Lean*, associado à utilização de um modelo de maturidade para a identificação de ações de melhoria das práticas de gestão de manutenção mais adequadas a cada contexto organizacional. Acrescenta-se ainda a utilização da técnica AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para seleção do CMMS mais adequado, através de critérios estabelecidos com base em literatura relevante e na norma de avaliação da qualidade de *software* (ISO/IEC 25010, 2011).

A concretização do objetivo principal será conseguida através do seu desdobramento nos seguintes objetivos secundários:

- Melhoria do processo de controlo e registo das intervenções de manutenção;
- Melhoria da gestão dos *stocks* do armazém da manutenção;
- Apoio na identificação do CMMS mais adequado às necessidades da empresa;
- Melhoria do sistema de avaliação de desempenho do sector da manutenção;
- Reforço das precauções de segurança e ambientais na execução das atividades de manutenção.

### 1.3 Metodologia de investigação

A metodologia de investigação delineada para dar cumprimento aos objetivos supracitados suporta-se no positivismo, enquanto corrente filosófica de investigação. Recorreu-se a uma abordagem de investigação dedutiva, visto que a teoria existente foi utilizada para desenvolver hipóteses a testar em termos operacionais (Saunders, Lewis, & Thornhill, 2009).

A estratégia de investigação dominante é a investigação-ação, tendo em conta que o investigador foi também um praticante, estando envolvido na implementação das soluções propostas, ao colaborar em conjunto com os trabalhadores da organização (Saunders *et al.*, 2009). Em relação ao horizonte temporal, este trabalho consiste num estudo transversal, visto que foi estudado o sector da manutenção de uma empresa num instante específico de tempo. A recolha de dados foi efetuada com recurso a entrevistas semiestruturadas e pela observação participativa, bem como através da recolha de dados documentais.

De acordo com Saunders *et al.* (2009), a investigação-ação caracteriza-se pela natureza iterativa do processo de diagnóstico, planeamento, ação e avaliação, sob a forma de uma espiral de ciclos subsequentes. Assim, tendo em conta a estratégia de investigação-ação, a primeira fase deste trabalho consistiu no diagnóstico da situação atual, de modo a compreender o contexto organizacional da empresa e o modo de funcionamento do sector da manutenção e suas atividades. Nesta fase foram recolhidos dados primários (e.g., por observação, entrevistas) e dados secundários (e.g., registos, impressos, procedimentos internos) para proceder à análise da situação atual e identificar os principais problemas e ações a implementar. As ações identificadas foram então discutidas em conjunto com os elementos da organização, em particular, os da gestão de topo e do sector da manutenção, de modo a averiguar a sua viabilidade e efetuar o planeamento das ações a implementar (fase de planeamento). Resta por fim

perceber os benefícios que resultam da implementação das ações e de que forma contribuem para o aumento da eficiência do sector da manutenção, o que corresponde à última fase de avaliação.

#### 1.4 Estrutura da dissertação

A dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos. Neste primeiro capítulo, referente à Introdução, é explicada a pertinência da temática, os objetivos que se pretendem atingir, a metodologia de investigação adotada e, por fim, a forma como está estruturada e organizada a dissertação.

No segundo capítulo, é efetuada uma revisão bibliográfica sobre o tema, onde é abordado o conceito de manutenção, seus objetivos e evolução histórica, alguns princípios fundamentais da organização e gestão da manutenção e os tipos de intervenção de manutenção que existem. Discutem-se também alguns tópicos relativos à gestão do armazém da manutenção, a importância de um sistema informático de manutenção e sua correta seleção, a avaliação do desempenho da manutenção e, por fim, aborda-se brevemente a metodologia TPM e os pilares que a sustentam, bem como a avaliação da maturidade da gestão da manutenção.

No terceiro capítulo é apresentada a empresa onde o presente trabalho foi desenvolvido, no que se refere à sua estrutura organizacional, o enquadramento do sector da manutenção e os produtos e processos produtivos. De seguida, no quarto capítulo, é analisada a situação atual da manutenção da empresa, que permitiu identificar os principais problemas que limitam a eficiência do sector, terminando com a avaliação do nível de maturidade da gestão da manutenção, que permitiu completar a análise anterior e auxiliar na identificação das ações de melhoria. No quinto capítulo são apresentadas as ações de melhoria identificadas, sendo discutidas individualmente aquelas que foram tratadas no âmbito deste trabalho, entre elas, a proposta de sistema de registo das intervenções de manutenção, o sistema de gestão e controlo dos *stocks* do armazém da manutenção, a seleção do CMMS a implementar, o sistema de avaliação de desempenho do sector de manutenção e a inclusão das precauções de segurança e ambientais nas instruções de trabalho de manutenção.

No último capítulo, o sexto capítulo, são apresentadas as principais conclusões deste trabalho, bem como sugestões de eventuais trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo efetuar uma revisão da literatura referente aos domínios da gestão e organização da manutenção abordados ao longo deste trabalho, centrando-se nos fundamentos teóricos que os sustentam. Inicia-se com uma breve contextualização sobre o conceito de manutenção, seus objetivos e evolução histórica, explorando de seguida os fatores centrais da gestão e organização da manutenção, incluindo a organização interna da função manutenção e o planeamento, programação e controlo da manutenção. Posteriormente, abordam-se os principais tipos de intervenção de manutenção, alguns princípios da gestão do armazém da manutenção e a relevância de um sistema informático de gestão da manutenção, incluindo a referência à técnica AHP como ferramenta para seleção do CMMS mais adequado. Por fim, é efetuada uma revisão sobre a avaliação do desempenho na manutenção, destacando alguns dos principais KPIs e o modelo de Muchiri *et al.* (2011) para suporte à seleção dos indicadores mais adequados a cada contexto organizacional, terminando com uma abordagem à metodologia TPM e a avaliação da maturidade da gestão da manutenção.

### 2.1 Conceito de manutenção e seus objetivos

De acordo com a norma NP EN 13306:2007, a manutenção é a 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 possa desempenhar a função requerida (NP EN 13306, 2007). Cabral (2013) define a manutenção na mesma ótica, completando que estas ações devem ser realizadas de acordo com as boas práticas técnicas e exigências legais, que assegurem o bom estado de funcionamento das máquinas e instalações, evitando a sua perda de função e redução do rendimento, tudo a um custo global reduzido.

Das definições anteriormente descritas, depreende-se que o principal objetivo da manutenção é aumentar a disponibilidade dos equipamentos produtivos, de modo a obter níveis elevados de produtividade, minimizando os custos associados.

No entanto, este objetivo reflete apenas a vertente especificamente técnica da manutenção. Recentemente, os objetivos da manutenção tornaram-se mais abrangentes, pela incorporação de um vasto conjunto de atividades, relacionadas com a qualidade do produto, exigências legais, certificação, segurança, preservação do meio ambiente e sustentabilidade social. A organização deve exibir e ser capaz de demonstrar que realiza as suas atividades através de práticas seguras, respeitadoras do ambiente e socialmente aceites (Cabral, 2013).

Muchiri *et al.* (2011) agrupam os objetivos da manutenção em cinco grandes grupos: garantir a funcionalidade da instalação (disponibilidade, fiabilidade, etc.); garantir que a instalação atinge o tempo de vida útil; promover a segurança ambiental e das instalações; a gestão eficiente dos custos da manutenção e, por fim, a utilização eficiente dos recursos (energia e materiais). A forma como esses objetivos são atingidos e encarados é diretamente dependente da estratégia de produção e da própria estratégia organizacional (Figura 1).



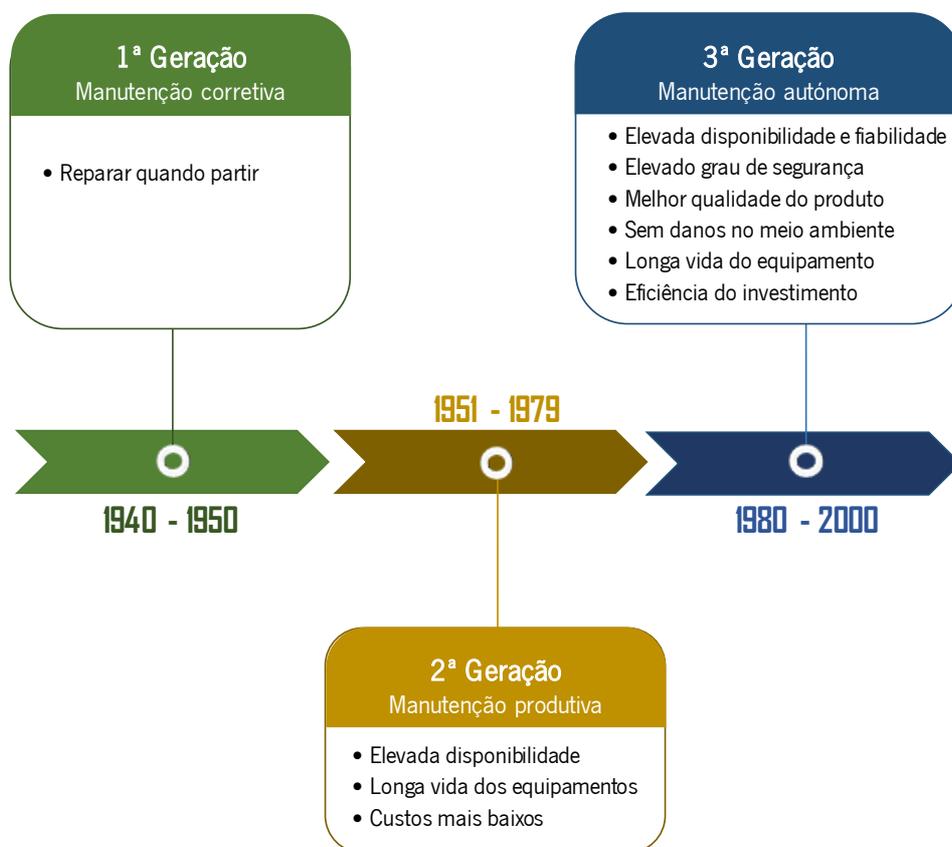
Figura 1 – Objetivos da manutenção. Adaptado de Muchiri *et al.* (2011).

O crescente desenvolvimento tecnológico, em conjunto com as alterações nos ambientes operacionais e alterações de leis e regulamentação, irá levar a que os requisitos das partes interessadas em relação aos equipamentos produtivos se alterem constantemente. Assim, a manutenção terá como desafio constante a procura sistemática por melhorias que permitam atingir mais eficazmente os seus objetivos, de modo a satisfazer os requisitos de todas as partes interessadas, ao longo de todo o ciclo de vida de um bem (Söderholm et al., 2007). Por estes motivos, e tendo em conta o perfil tecnológico dos equipamentos e instalações atuais, a manutenção assume-se como um sector com uma ampla responsabilidade no seio de qualquer organização, sendo uma atividade de primeira linha com exigências de desempenho multidisciplinares (Cabral, 2013).

## 2.2 Evolução histórica da manutenção

Como resultado do aumento da complexidade dos equipamentos industriais, o conceito de manutenção foi-se transformando ao longo do tempo, à medida que se levantaram questões relativas à forma como a falha num equipamento poderá afetar a segurança e o ambiente, a relação entre a manutenção e a qualidade do produto e a elevada pressão para maximizar a disponibilidade das instalações e reduzir os custos associados (Moubray, 1997). Em simultâneo, os paradigmas antigos em que a manutenção é vista como um *centro de custos* da empresa têm vindo também a alterar-se, à medida que as metodologias de gestão da manutenção têm provado ser eficazes na concretização dos objetivos da manutenção (Söderholm et al., 2007).

O conceito de manutenção foi evoluindo desde o momento em que a manutenção só era realizada em caso de avaria, até ao conceito atual, em que a manutenção está amplamente integrada na organização, com enfoque no planeamento e prevenção. A revolução do conceito de manutenção é caracterizada por três gerações, como é possível observar na **Figura 2**.



**Figura 2** – Evolução da manutenção. Adaptado de Moubray (1997).

A primeira geração engloba o período temporal até à 2ª Guerra Mundial. Nesta época, a indústria era pouco mecanizada e os equipamentos eram relativamente simples. Assim, as paragens nos equipamentos não tinham os impactos significativos que hoje se verificam e, por consequência, a prevenção das falhas nos equipamentos não era uma prioridade para a maioria dos gestores. Nesta lógica, predominava apenas a manutenção corretiva, em que a produção era responsável por reparar os equipamentos apenas em caso de avaria (Moubray, 1997).

Com o decorrer da 2ª Guerra Mundial, a escassez de mão-de-obra levou a um aumento da mecanização e a indústria começou a depender dos equipamentos produtivos, cada vez mais complexos e presentes em maior quantidade. Assim, as paragens nos equipamentos começaram a tornar-se críticas para a eficiência produtiva das organizações e começou-se a investir em sistemas de planeamento e controlo de manutenção, introduzindo-se a manutenção preventiva dos equipamentos, aplicada antes da avaria ocorrer. A manutenção preventiva consistia essencialmente em revisões periódicas dos equipamentos. Esta fase corresponde à segunda geração, caracterizada por um aumento considerável dos custos de manutenção, em relação a outros custos operacionais (Moubray, 1997).

Até à terceira geração, a manutenção era vista de uma forma isolada e departamentalizada, ou seja, as atividades de manutenção eram colocadas em prática apenas por pessoal do departamento da manutenção (Takahashi & Osada, 1990). No entanto, a introdução do TPM em 1971, no Japão, incentivou a que os próprios operadores participassem também na realização de algumas das atividades de manutenção preventiva (Nakajima, 1988), tendo sido este o marco do início da terceira geração da manutenção. Esta geração introduziu a preocupação com as consequências das falhas na segurança e no ambiente e com o aumento do tempo de vida útil dos equipamentos. Como tal, foram introduzidas novas técnicas e estratégias para evitar falhas nos equipamentos e tornar a gestão da manutenção mais eficiente. Exemplos dessas técnicas e estratégias incluem a Análise Modal de Falhas e seus Efeitos (FMEA), a Manutenção baseada na Condição (CBM, *Condition-based maintenance*), o *design* de equipamentos com um maior ênfase na fiabilidade e manutibilidade e o investimento na participação, trabalho em equipa e flexibilidade dos colaboradores. A estratégia de RCM é também outro elemento que suporta esta geração (Moubray, 1997).

Apesar da potencialidade da manutenção como uma função lucrativa (Eti et al., 2006; Hora, 1987), as organizações deparam-se com a dificuldade de gerir eficazmente a manutenção e selecionar as técnicas e estratégias mais adequadas ao seu contexto organizacional. Alsyouf (2006) demonstrou que a adoção de uma estratégia de manutenção efetiva poderá permitir aumentar em 9% o retorno de investimento de

uma organização. A seleção da estratégia mais adequada depende, por sua vez, da eficiência e rigor da gestão e organização da manutenção, abordado na secção seguinte.

### 2.3 Gestão e organização da manutenção

A gestão da manutenção pode ser definida como o conjunto de “todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios, tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos” (NP EN 13306, 2007).

Para garantir uma eficiente gestão da manutenção, o departamento da manutenção de uma organização deve assegurar, entre outras, as seguintes responsabilidades (Dhillon, 2002):

- Reparar os equipamentos/instalações, repondo-os no estado de funcionamento;
- Desenvolver e implementar um plano de manutenção preventiva, de modo a manter os equipamentos/instalações em níveis operacionais satisfatórios;
- Gerir os *stocks* para garantir a disponibilidade imediata dos materiais;
- Manter registos dos equipamentos, serviços, intervenções de manutenção, etc.;
- Desenvolver abordagens eficazes para monitorizar as atividades de manutenção;
- Desenvolver técnicas eficazes para manter a produção e outros cargos de gestão informados e cientes em relação às atividades de manutenção;
- Investir na formação da equipa de manutenção para melhoria das suas competências;
- Rever os planos de manutenção para novas instalações e novos equipamentos;
- Implementar métodos para melhorar a segurança no trabalho e desenvolver programas educacionais sobre a segurança, dirigidos à equipa de manutenção;
- Estabelecer requisitos contratuais para os prestadores de serviços de manutenção e garantir o cumprimento desses requisitos;
- Preparar orçamentos realistas com detalhe sobre as necessidades de pessoal e materiais.

Ao assumir tais responsabilidades, que podem ser suportadas por diversas estratégias, será possível dar cumprimento aos objetivos da gestão da manutenção, tais como (Pinto, 2013; Wireman, 2005):

- Assegurar os níveis produtivos com o menor custo possível, com a qualidade desejável e dentro dos padrões de segurança estabelecidos;
- Identificar e reduzir custos nos processos de manutenção;

- Otimizar e gerir os recursos disponíveis para a manutenção (humanos e materiais), através do controlo da disponibilidade dos recursos humanos (RH) e por via de uma eficiente gestão dos *stocks*;
- Otimizar a vida útil do equipamento, através do planeamento, programação e controlo das atividades de manutenção;
- Gerir os serviços subcontratados, desde a elaboração, fiscalização e controlo da qualidade dos contratos, até ao acompanhamento dos trabalhos de manutenção.

Deste modo, segundo Cabral (2013), um sistema de gestão da manutenção tem que dispor, por um lado, dos recursos técnicos necessários para atingir eficazmente os objetivos acima referidos e, além disso, gerar informação fiável que permita avaliar o desempenho, estabelecer metas e confrontar os resultados.

### 2.3.1 Recursos humanos e organização interna

Independentemente da estrutura organizacional, de acordo com as boas práticas industriais, é essencial que o departamento de produção e a função manutenção cooperem e trabalhem em equipa, orientando-se pelos mesmos objetivos (Pinto, 2013; Tsang, 2002). Sendo assim, é necessário mudar os paradigmas das organizações tradicionais, que adotam estruturas altamente centralizadas, no qual a engenharia é responsável pelo *design* e desenvolvimento de novos produtos, a produção é responsável pela sua execução, e a manutenção por manter as condições necessárias à execução (Tsang, 2002). Nas organizações onde prevalece este paradigma, a manutenção aparece habitualmente subalterna à produção. Além disso, neste tipo de estrutura organizacional, o próprio departamento da manutenção apresenta uma organização hierarquizada e centralizada por especialidades técnicas (por exemplo, mecânica, elétrica, hidráulica, etc.). Tal poderá resultar em alguns problemas, a destacar: a limitação do conhecimento organizacional, devido à ausência de retorno de informação da manutenção e sua posterior utilização como *lessons-learned* para o desenvolvimento de novos produtos e serviços; não promove o sentido de responsabilidade e “propriedade” sobre os equipamentos; a elevada centralização por especialidades técnicas gera uma inflexibilidade na programação dos trabalhos de manutenção, tornando-a ineficiente; por fim, os custos elevados de gestão, devido à quantidade de níveis hierárquicos (Garg & Deshmukh, 2006; Tsang, 2002).

Para tal, Pinto (2013) propõe que a função manutenção adote uma estrutura descentralizada e organizada por funções: Engenharia da Manutenção, Gestão da Manutenção e Execução (**Figura 3**).

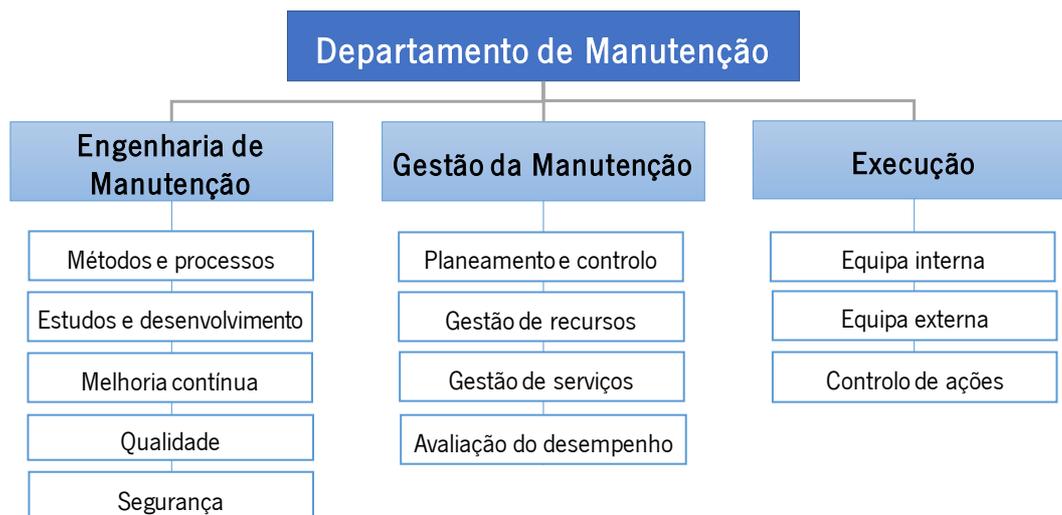


Figura 3 – Estrutura organizacional da função manutenção. Adaptado de Pinto (2013).

De acordo com o autor, a componente de “engenharia de manutenção” é responsável pelo suporte às atividades de manutenção. Define a componente técnica e operacional da manutenção, os procedimentos a seguir e os recursos a utilizar, tendo como principais contribuições: o desenvolvimento de métodos e processos de manutenção, definindo os recursos necessários a cada intervenção (mão-de-obra, equipamentos, peças e materiais); desenvolvimento de práticas de manutenção, de melhoria contínua, de prevenção de acidentes de trabalho e diagnóstico de avarias; desenvolvimento de procedimentos e sistemas de segurança; decisão sobre o tipo de intervenção a realizar em cada equipamento, com base no histórico de dados; definição da política de manutenção mais adequada e, por fim, o apoio técnico às equipas na execução das intervenções. De um modo geral, é responsável por providenciar todas as condições necessárias para garantir que os RH da manutenção estão aptos a atuar proactivamente, evitando a ocorrência de falhas e acidentes de trabalho (Pinto, 2013).

Por outro lado, a “gestão da manutenção” é responsável por gerir os RH da manutenção e efetuar o planeamento e controlo das atividades, ou seja, deve efetuar o plano de manutenção preventiva, acompanhar o estado das intervenções e verificar se são realizadas dentro do prazo previsto. Além disso, é também responsável por gerir os serviços subcontratados e os *stocks* de materiais, estabelecer a ponte com outros departamentos (logística, compras, produção), efetuar a programação das atividades e avaliar o desempenho do sector, reportando os resultados à gestão de topo (Pinto, 2013).

Por fim, a componente “execução” é responsável pela execução das intervenções de manutenção e registo das mesmas, garantindo a qualidade e segurança (Pinto, 2013).

A coordenação destas três componentes fica ao encargo do responsável do departamento de manutenção, que deverá reportar diretamente à gestão de topo ou à direção industrial (Pinto, 2013), abandonando as estruturas centralizadas em que a manutenção é subalterna à produção.

### 2.3.2 Planeamento e programação da manutenção

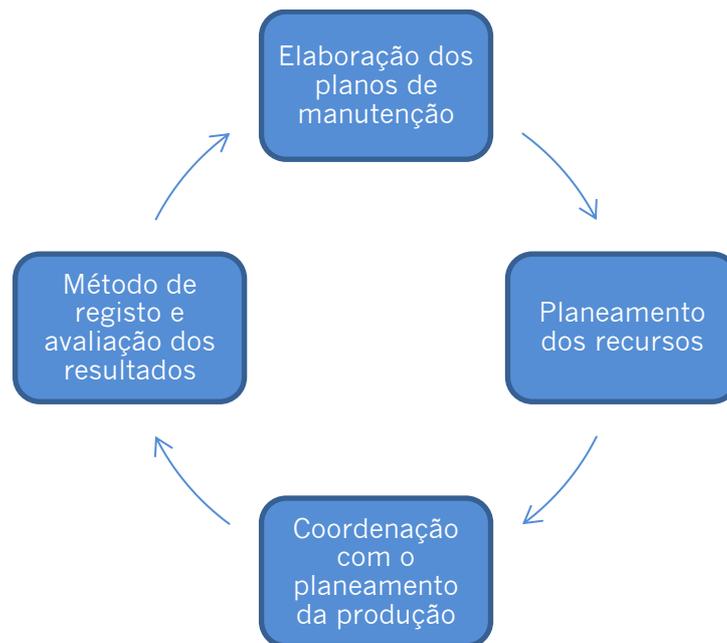
O planeamento da manutenção visa definir os momentos em que cada equipamento e infraestrutura será sujeito a uma intervenção de manutenção, estabelecendo as periodicidades para cada intervenção (Dhillon, 2002; Pinto, 2013; Wireman, 2005). O objetivo é estabelecer uma rotina de trabalhos preventiva, garantindo um domínio e controlo dos ativos, maximizando a sua disponibilidade (Terry Wireman, 2005).

Além de estabelecer os momentos para cada intervenção, o planeamento da manutenção visa preparar previamente as intervenções, com o conhecimento prévio ou uma previsão dos recursos necessários, incluindo recursos humanos e de materiais, de modo a que estejam prontamente disponíveis no momento da execução (Cabral, 2013; Dhillon, 2002; Pinto, 2013). Esta preparação prévia permite reduzir os tempos de espera e de logística e o tempo de paragem do equipamento para manutenção, reduzindo assim os custos associados (Cabral, 2013; Pinto, 2013).

Pinto (2013) defende que o planeamento deve ser visto como uma atividade dinâmica, descentralizada e sistemática. Tal significa que o planeamento deverá ser continuamente ajustado, em função dos resultados da análise dos registos das intervenções, que devem incluir a descrição do trabalho realizado, a data da intervenção, os meios envolvidos, o tempo consumido, a identificação das causas, entre outros detalhes que se considerem relevantes.

O planeamento da manutenção engloba o conjunto de todas as atividades de planeamento, controlo e registo necessárias a manter os equipamentos e infraestruturas num bom estado de funcionamento (Pinto, 2013). A **Figura 4** mostra o ciclo iterativo das etapas associadas ao planeamento da manutenção.

A primeira fase do planeamento consiste em definir o conjunto de ações mais adequado a cada equipamento ou infraestrutura o que, numa fase inicial, poderá ser feito a partir das recomendações do fabricante e através da experiência dos internos de manutenção. Esta fase culmina com a elaboração do plano de manutenção para cada equipamento e infraestrutura, com indicação das ações a realizar e respetiva periodicidade.



**Figura 4** – Processo de planeamento da manutenção.

De seguida, na segunda fase, deverá definir-se uma previsão dos recursos necessários a cada intervenção, nomeadamente, o tempo de manutenção e o esforço de homens-hora necessários, assim como as peças, materiais e ferramentas que serão utilizados (Cabral, 2013; Pinto, 2013). Frequentemente, numa fase inicial, não existem elementos suficientes que permitam fazer previsões fiáveis, contudo, independentemente disso, Cabral (2013) defende que devem sempre ser feitas previsões, que deverão ser ajustadas continuamente com base na monitorização do histórico dos registos das intervenções.

Com base no plano de manutenção de cada equipamento e infraestrutura, e nas previsões dos recursos necessários, é necessário articular esses planos com o planeamento da produção (terceira fase), procurando minimizar os impactos das paragens nos equipamentos devido à manutenção. A partir dessa articulação, elabora-se um plano global de manutenção, que consiste numa listagem com todos os equipamentos e infraestruturas sujeitos a manutenção, a periodicidade das ações e os prazos para conclusão das mesmas. Apesar do plano global de manutenção ser elaborado, por norma, numa base anual, é natural que sofra alguns ajustes ao longo do tempo, de modo a que possa articular-se da melhor forma com o planeamento da produção, que é normalmente efetuado numa base semanal ou mensal, devido à sua vulnerabilidade a diversas alterações (Pinto, 2013).

O controlo por via de um método de registo e avaliação dos resultados fecha o ciclo do planeamento da manutenção (quarta fase). Esta etapa procede-se à programação das atividades e posterior execução,

ao fim do qual se efetua o registo das intervenções. Esses registos deverão ser realizados de acordo com o método definido pela organização e armazenados como histórico da manutenção. Os resultados da análise desses registos servem como *feedback* para a autoavaliação do sistema de planeamento da manutenção e sua melhoria, por exemplo, ajustando a periodicidade das intervenções e aumentando o rigor das previsões de mão-de-obra e materiais necessários (Pinto, 2013), que serão consideradas no próximo ciclo de planeamento.

A programação da manutenção consiste em calendarizar as intervenções de manutenção de acordo com o estipulado no plano de manutenção, distribuindo-as em função da disponibilidade dos recursos humanos e dos materiais e ferramentas necessárias, assegurando o cumprimento dos prazos estabelecidos (Cabral, 2004; Pinto, 2013). Por outras palavras, visa efetuar a afetação das intervenções, selecionando o pessoal que as irá executar e assegurando que estão reunidos os conhecimentos e recursos necessários. Vários autores defendem que a programação da manutenção deve ser efetuada paralelamente ao planeamento da produção, de forma a maximizar a eficiência produtiva e reduzir as perdas associadas (Aghezzaf, Jamali, & Ait-Kadi, 2007; Cassady & Kutanoglu, 2003; Dedopoulos & Shah, 1995; Pinto, 2013; Sanmarti, Espuna, & Puigianer, 1997).

Após programação das atividades, segue-se a fase de execução das mesmas (Pinto, 2013), tipicamente suportada por um documento designado por ordem de trabalho (OT), onde constam informações relativas ao tipo de trabalho, prazo de conclusão, procedimentos a executar, etc., sendo por norma o local onde os técnicos de manutenção registam informações relevantes, por exemplo, os tempos de manutenção, tempos de reparação, entre outras (Cabral, 2013).

### 2.3.3 Controlo da manutenção

O controlo da manutenção tem como finalidade informar os intervenientes no processo sobre os resultados dos trabalhos efetuados, verificar o estado das intervenções, identificando aquelas que não foram concluídas dentro do prazo estipulado, identificar eventuais desvios ou problemas que tenham ocorrido e atualizar o registo histórico de manutenção e os registos contabilísticos dos custos decorrentes da realização dos trabalhos (Pinto, 2013).

Os registos associados à manutenção podem englobar (Cabral, 2013; Pinto, 2013):

- Registos de equipamentos: registo de todos os equipamentos e infraestruturas sujeitos a manutenção. A informação relativa a um equipamento engloba desde a sua identificação e

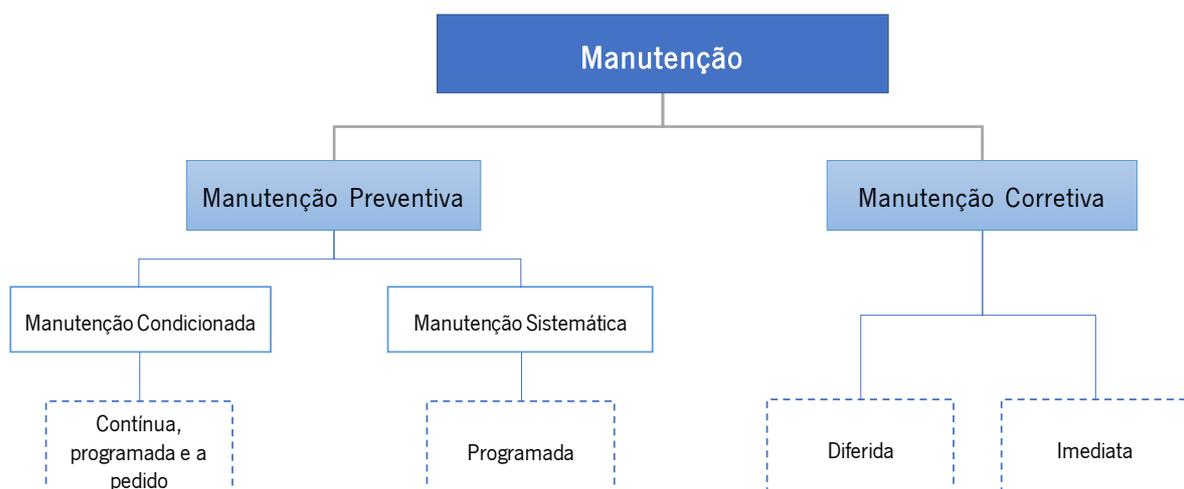
características técnicas mas também certificados, manual de instruções, manual de manutenção e listas de sobressalentes e de consumíveis;

- Plano de manutenção: registo de todas as ações de manutenção planeadas, sua periodicidade e prazo de execução;
- Registo histórico dos equipamentos: registo dos trabalhos efetuados, custos associados, materiais consumidos, serviços subcontratados, entre outros, que serão posteriormente utilizados para calcular e reportar os indicadores de desempenho.

O registo histórico permite analisar, entre outras informações, a incidência das avarias, a frequência com que ocorrem, os custos de cada tipo de manutenção, etc., o que permite otimizar os ajustes a efetuar ao planeamento e à política de manutenção adotados pela empresa, bem como identificar melhorias a implementar nos equipamentos (Cabral, 2013; Dhillon, 2002; Pinto, 2013).

## 2.4 Tipos de intervenção de manutenção

As atividades de manutenção podem ser classificadas de diversas formas. De modo a uniformizar as classificações atribuídas, a norma da Terminologia da manutenção dividiu as intervenções de manutenção em dois grandes grupos: as de carácter preventivo, aplicadas antes da falha ocorrer, e as de carácter corretivo, realizadas na sequência de uma avaria ou perda de função (Cabral, 2013; NP EN 13306, 2007). A **Figura 5** tem esquematizada a classificação atribuída pela NP EN 13306:2007.



**Figura 5** – Tipos de intervenções de manutenção, de acordo com a NP EN 13306:2007.

#### 2.4.1 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva engloba as intervenções de manutenção realizadas antes de uma avaria ocorrer, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria e de degradação do funcionamento de um bem (NP EN 13306, 2007). Assim, tem como objetivo evitar avarias, perda ou redução de função. Smith e Babb (1973) definem a manutenção preventiva como o conjunto de atividades realizadas para manter as instalações ou equipamentos num estado operacional satisfatório, através da inspeção sistemática, deteção e correção de falhas incipientes antes da sua ocorrência ou antes do desenvolvimento de falhas mais graves.

Dhillon (2002) refere que, para se desenvolver um programa eficaz de manutenção preventiva, é necessário garantir a disponibilidade de registos históricos, recomendações do fabricante, pessoal qualificado, dados anteriores de equipamentos semelhantes, ferramentas e instrumentos de teste apropriados, informações de falhas por problema/causa/ação, consumíveis e peças de reserva, instruções claramente descritas e, por fim, o suporte da gestão de topo e a cooperação do utilizador da instalação ou equipamento. Em concordância, Pinto (1999) mostra também que, para o desenvolvimento de um programa de manutenção preventiva, deve considerar-se o histórico de avarias, o estado do equipamento e as recomendações do fabricante (relativas às condições ótimas de funcionamento, os pontos e periodicidades de limpeza e lubrificação, etc.), bem como os estudos de fiabilidade dos equipamentos e seus componentes, a fim de perceber o seu mecanismo de desgaste.

A adoção de um programa eficaz de manutenção preventiva terá como vantagens (AMCP-706-133, 1976; Dhillon, 2002):

- Aumentar o tempo de vida da instalação ou equipamento;
- Reduzir as avarias críticas nos equipamentos;
- Permitir um melhor planeamento e programação das atividades de manutenção necessárias;
- Minimizar as perdas de produção devido a avarias nos equipamentos, contribuindo assim para a redução dos custos indiretos por indisponibilidade dos equipamentos;
- Promover a saúde e segurança do pessoal da manutenção.

O programa de manutenção preventiva pode ser delineado tendo em conta dois tipos de intervenções preventivas, a manutenção preventiva sistemática e a manutenção preventiva condicionada. De acordo com Cabral (2004), ambas são planeadas, mas diferem em relação à oportunidade com que são desencadeadas. No primeiro caso, na manutenção sistemática, o planeamento é determinado de acordo

com periodicidades fixas, enquanto a manutenção condicionada pressupõe periodicidades variáveis, resultantes de uma avaliação da condição do equipamento.

#### Manutenção preventiva sistemática

Trata-se de um tipo de manutenção preventiva quando a oportunidade de intervenção é determinada a partir de intervalos pré-estabelecidos de tempo de calendário ou outra unidade conveniente (horas, quilómetros, ciclos, etc.). Exemplos de atividades tipicamente realizadas nestas condições são a limpeza, inspeção e lubrificação periódicas, a substituição periódica de peças e revisões gerais variadas (Cabral, 2013; NP EN 13306, 2007).

Ao longo do tempo tem-se verificado que, em algumas organizações, os programas de manutenção preventiva sistemática caem em descrédito e perdem o suporte por parte da gestão de topo. Uma possível explicação relaciona-se com os custos elevados associados à periodicidade e necessidade de mão-de-obra, sendo que os benefícios resultantes só se fazem sentir a longo prazo. Para tal, para usufruir das vantagens de um programa de manutenção preventiva, este deve ser criteriosamente planeado, de forma a que seja eficiente e economicamente viável, permitindo à organização perceber a redução dos custos que poderá resultar da sua implementação (Dhillon, 2002; Pinto, 2013).

Neste tipo de manutenção, a maior dificuldade consiste em identificar a periodicidade que melhor permite maximizar o tempo de vida útil de um equipamento. Ao estabelecer uma periodicidade fixa, pressupõe-se que as falhas dos equipamentos ocorrem de uma forma previsível, o que nem sempre se verifica (Pinto, 1999). Para um maior aproveitamento do tempo de vida útil de um equipamento poderá recorrer-se, alternativamente ou complementarmente, às práticas de manutenção preventiva condicionada.

#### Manutenção preventiva condicionada

Quando a oportunidade de intervenção é determinada a partir de sintomas detetados na monitorização da condição de funcionamento de um equipamento e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, designa-se por manutenção preventiva condicionada (Cabral, 2013; NP EN 13306, 2007).

Também comumente designada de CBM, consiste numa estratégia preditiva que, de acordo a monitorização da condição do equipamento, recomenda as ações de manutenção a realizar, antes de ter ocorrido perda de função. Um programa de CBM, se devidamente estabelecido e efetivamente

implementado, pode reduzir significativamente o custo de manutenção, reduzindo o número de ações preventivas sistemáticas desnecessárias (Jardine, Lin, & Banjevic, 2006).

Deste modo, a manutenção condicionada é o tipo de intervenção realizada em intervalos dinâmicos, dependentes da monitorização da condição do equipamento, o que permite um planeamento mais adequado das intervenções para o momento mais oportuno, permitindo um maior aproveitamento do tempo de vida útil do equipamento, em relação à manutenção preventiva sistemática.

#### 2.4.2 Manutenção corretiva

As intervenções de manutenção corretiva são realizadas na sequência da deteção de uma avaria ou perda de função num bem e destinam-se a reestabelecer as condições que lhe permitem realizar as funções requeridas (Cabral, 2013; NP EN 13306, 2007). Este tipo de intervenção era predominantemente aplicado durante a 1ª geração da manutenção (**Figura 2**), quando os impactos da ocorrência das falhas não eram significativos, dada a simplicidade dos equipamentos. No entanto, atualmente, com o aumento da complexidade dos equipamentos produtivos, a adoção exclusiva de uma política de manutenção corretiva poderá constituir um risco para as organizações, visto que uma falha poderá ter consequências catastróficas, como perdas de produção, perdas de qualidade do produto, e impactos na qualidade e segurança, o que se traduz num aumento dos custos organizacionais. Sem prejuízo destas consequências, a manutenção corretiva poderá ser vantajosa em alguns casos, nomeadamente quando o impacto da falha não for significativo, i.e., se não tiver consequências na segurança ou no ambiente e se o custo das consequências operacionais da falha for inferior ao custo da realização de uma tarefa preventiva. A metodologia RCM surge com o propósito de estabelecer o equilíbrio adequado entre as tarefas de manutenção preventiva e corretiva, tendo em conta as consequências das falhas e de modo a reduzir os custos totais de manutenção, evitando ações de manutenção que não sejam estritamente necessárias (Moubray, 1997).

A NP EN 13306:2007 divide as intervenções de manutenção corretiva em dois grupos, descritos de seguida.

##### Manutenção corretiva imediata ou de emergência

Este tipo de intervenção é aplicado nos casos em que a avaria se verifica de forma catastrófica, sendo necessário intervir de emergência. Nesses casos, as intervenções são realizadas imediatamente após a deteção de uma avaria, para evitar consequências inaceitáveis (NP EN 13306, 2007).

### Manutenção corretiva diferida ou planeada

Nos casos em que as consequências de uma avaria não forem consideradas inaceitáveis, poderá planear-se a intervenção oportunamente. Nesses casos, está-se perante tarefas de manutenção corretiva diferida ou planeada, em que as intervenções não são realizadas imediatamente após a deteção de uma avaria, dado a ausência do carácter de urgência (NP EN 13306, 2007).

#### 2.4.3 Manutenção de melhoria

Além das classificações sugeridas pela Norma, Cabral (2013) acrescenta a manutenção de melhoria, referindo que se trata de um estilo de manutenção em voga nos tempos atuais e descreve-a como sendo uma *espécie de passo em frente em relação à manutenção condicionada*. A manutenção de melhoria visa melhorar o desempenho do equipamento no seu contexto operacional atual, identificando para tal alterações que possam melhorar o estado de funcionamento do equipamento ou a sua manutibilidade, i.e, a facilidade com que é sujeito a intervenções de manutenção. Como exemplos de domínios onde podem ser identificadas melhorias, tem-se: a instalação de equipamento adicional de monitorização ou controlo; automação; poupança de energia; redução de emissões e de ruído; melhorar os acessos para a manutenção, entre outros (Cabral, 2013).

## 2.5 Gestão do armazém da manutenção

### 2.5.1 Funções da gestão do armazém

A gestão do armazém da manutenção tem como objetivo proporcionar a logística imediata dos artigos e sobressalentes necessários às atividades de manutenção, com a máxima eficiência técnica e económica. De acordo com Cabral (2004) e Wireman (2005), os custos com materiais e peças de reserva utilizados na manutenção podem representar cerca de 50% dos custos diretos de manutenção, o que justifica a importância da gestão dos materiais como um elemento essencial para garantir eficiência do sector da manutenção.

Uma das atribuições principais da gestão dos materiais consiste na seleção dos artigos que devem ser eleitos como material de armazém e estabelecer as respetivas quantidades que devem ser mantidas em *stock*. O principal desafio da gestão dos *stocks* é estabelecer as quantidades mínimas a manter em *stock*, de modo a garantir o equilíbrio adequado entre a minimização dos custos dos *stocks* e dos custos decorrentes das paragens de equipamentos devido à indisponibilidade de materiais ou peças de reserva (Cabral, 2013; Pinto, 2013).

De acordo com Cabral (2013), a gestão do armazém compreende funções operacionais e funções de gestão. As funções operacionais correspondem as operações do dia-a-dia, incluindo: a codificação e registo dos materiais da manutenção; arrumação física dos materiais, garantindo a sua conservação; registo e controlo de entradas e saídas/imputação; devoluções ao armazém e a fornecedores; controlo da receção de materiais e encomendas; inventariação total do *stock*, uma vez por ano.

As funções de gestão englobam a gestão de pedidos de aprovisionamento, sugestões de alteração dos *stocks* mínimos e máximos, propostas de abate de equipamentos obsoletos, bem como o apuramento dos parâmetros de gestão do armazém e sua comunicação à direção administrativa e financeira (valores em *stock*, em €, quantidades médias em *stock*, *stocks* mínimos e máximos).

### 2.5.2 Codificação e classificação dos materiais

Os materiais disponíveis no armazém da manutenção necessitam de estar devidamente organizados e alcançáveis pelo sistema de gestão. Para tal, devem ser codificados e registados de acordo com regras pré-definidas pela organização (Cabral, 2013; Ferreira, 1998; Nyemba & Mbohwa, 2017). Cabral (2013) designa por *ficheiro mestre de artigos* o conjunto dos artigos codificados e registados no sistema informático, que foram eleitos como sendo necessários às atividades de manutenção, independentemente de existirem ou não em armazém. Apenas estes artigos podem ser imputados e geridos com descrição, unidade, quantidade e custo unitário.

Um sistema de gestão eficaz deve proporcionar a correlação entre os materiais e os equipamentos e infraestruturas onde estes são utilizados, considerando que o mesmo material poderá ser utilizado em diferentes equipamentos e infraestruturas. O sistema de codificação dos materiais, se devidamente estruturado, poderá auxiliar na pesquisa rápida dos materiais e evitar o crescimento descontrolado da população de artigos presentes no sistema, bem como registos duplicados do mesmo artigo sob referências diferentes (Cabral, 2013).

De modo a garantir a correta codificação dos materiais, é necessário que cada organização estabeleça uma norma para esse efeito. Cabral (2013) propõe uma norma de codificação de materiais de manutenção com base num código do tipo semiestruturado, constituído pelos seguintes parâmetros: Classe; Família; Subfamília; Número sequencial.

A classe, que aparece como o primeiro nível hierárquico, pode ser classificada de acordo com as categorias:

- C – Material de Consumo: engloba os materiais de uso corrente, com aplicação numa diversidade de bens, incluindo cabos elétricos, lâmpadas, tubos, materiais de construção, entre outros;
- E – Sobressalentes específicos: peças de reserva específicas dos equipamentos, fornecidas por norma pelo respetivo fabricante, incluindo determinados modelos de injetores, impulsores de bombas, etc.;
- F – Ferramentas: ferramentas de apoio à execução das atividades de manutenção, exceto ferramentas específicas de determinados equipamentos;
- L – Lubrificantes, Produtos e Gases: inclui produtos como óleos, lubrificantes, aditivos, produtos de limpeza, combustíveis, gases, etc.;
- S – Sobressalentes comuns: peças de reserva com aplicação em vários equipamentos ou infraestruturas, como por exemplo rolamentos, filtros, válvulas, retentores, comandos elétricos, etc.;
- Z – Saco de dúvidas: esta categoria deve ser apenas utilizada em casos excecionais, quando se desconhece a categoria do material ou para aplicação a materiais de registo temporário, que serão mais tarde desqualificados e eliminados do sistema. No primeiro caso, assim que possível, os materiais deverão ser recodificados na categoria que mais se adequa.

No que se refere às famílias, Cabral (2013) defende que podem ser utilizados códigos do tipo: BB – Bombas, CP – Compressores, etc., para que o reconhecimento seja efetuado de uma forma intuitiva. Em alternativa, podem utilizar-se códigos inteiramente numéricos, particularmente úteis em empresas com ambiente *multilingue*.

Em relação às subfamílias, estas podem categorizar os materiais da mesma família em diferentes modelos, marcas, tipologias, conforme aplicável. Recomenda-se que, na criação de novas subfamílias, estas sejam numeradas folgadoamente, de forma a permitir eventuais inclusões de subfamílias intermediárias no futuro (e.g., 010, 020, 030).

Esta norma de codificação semiestruturada é baseada na experiência empírica do autor em organização e gestão da manutenção. Contudo, existe flexibilidade suficiente para que seja devidamente ajustada às particularidades da organização em questão.

Após a codificação dos materiais no sistema informático, estes devem ser identificados no local físico onde se encontram. Essa identificação é conseguida, por norma, pela etiquetagem dos materiais. De acordo com Cabral (2013), a etiqueta deve conter as seguintes informações:

- Código do sistema informático;
- Código de barras correspondente;
- Código do fabricante (*part number*), se existir;
- Descrição do artigo.

A etiquetagem com código de barras é utilizada como meio de registo das entradas e saídas de material no sistema informático, incluindo a imputação dos materiais às ordens de trabalho.

Além da importância da devida codificação dos materiais, estes devem ser corretamente classificados em relação à sua tipologia, o que poderá auxiliar a definir a política de gestão de *stocks* mais apropriada. Existem várias classificações possíveis para os materiais em *stock*. De acordo com Pinto (2013), os materiais podem ser classificados em três categorias distintas:

- Materiais de consumo regular (consumíveis): inclui todos os materiais de utilização corrente por parte da manutenção, desde óleos, massas lubrificantes, entre outros. Para este tipo de materiais, é frequente utilizarem-se modelos de gestão de *stocks* baseados numa procura previsível e repetitiva, como é o caso do modelo da quantidade económica de encomenda (Qee);
- Peças de reserva e sobressalentes: inclui desde componentes ou elementos de máquinas, módulos de equipamentos, entre outros. Neste caso, devido ao carácter de consumo irregular e imprevisível deste tipo de materiais, a gestão dos *stocks* torna-se mais complexa e deve basear-se em múltiplos critérios, por exemplo, os padrões de consumo, o custo, o impacto no processo produtivo, etc.;
- Ferramentas e equipamentos de apoio à manutenção: consiste no conjunto de ferramentas, instrumentos e equipamentos utilizados como suporte às atividades de manutenção.

## 2.6 Sistema Informático de Gestão de Manutenção

### 2.6.1 Definição e funcionalidades

Atualmente, é incomportável para qualquer organização gerir eficazmente a elevada quantidade de dados e recursos associados à manutenção sem o apoio de um sistema informático de gestão da manutenção,

vulgarmente conhecido como CMMS (*Computerized Maintenance Management System*) (Cato & Mobley, 2002; Wienker *et al.*, 2016).

Um CMMS consiste numa ferramenta para gestão da manutenção que incorpora um conjunto integrado de bases de dados que contêm informações e dados que permitem programar e seguir as atividades de manutenção e os objetivos de manutenção definidos no âmbito da política (Carnero & Novés, 2006; Cato & Mobley, 2002). Na mesma lógica, Lopes *et al.* (2016) acrescenta que um CMMS suporta a estratégia da manutenção através de um sistema de informação e um conjunto de funcionalidades que processam dados em informação relevante para a tomada de decisões, expressa sob a forma de indicadores de desempenho.

Apesar de, entre autores, existirem ligeiras discrepâncias na designação das funcionalidades de um CMMS, o conjunto de funcionalidades-chave que um CMMS deve assegurar são (Cato & Mobley, 2002; Lopes *et al.*, 2016; O'Donoghue & Prendergast, 2004; O'Hanlon, 2004; Zhang, Li, & Huo, 2006):

- **Gestão de ativos:** engloba a definição, criação e gestão de informações relativas às infraestruturas e equipamentos existentes na empresa, incluindo as suas características técnicas, localização e informações económicas. Inclui também a criação e atualização das listas de materiais dos equipamentos e a manutenção dos registos históricos dos trabalhos efetuados em cada equipamento e infraestrutura;
- **Gestão das ordens de trabalho:** permite a criação e emissão das ordens de trabalho aos técnicos de manutenção, que podem ser automaticamente desencadeadas a partir de pedidos de manutenção decorrentes de uma avaria ou a partir das ações pré-definidas no plano de manutenção preventiva. Engloba ainda a visualização do estado da intervenção (e.g., aprovado, em espera, em curso, concluído) e o registo de informações para cada intervenção, desde o tempo de manutenção, materiais consumidos, etc.;
- **Gestão da manutenção preventiva:** suporte ao planeamento, programação e controlo das atividades, incluindo o desenvolvimento dos planos de manutenção preventiva e a programação das ações de acordo com as periodicidades ou condições definidas;
- **Gestão de stocks:** controlo e gestão dos *stocks* dos materiais utilizados na manutenção, incluindo peças de reserva, sobressalentes e consumíveis. Tal envolve a definição dos *stocks* mínimos, a monitorização dos níveis atuais dos *stocks*, a criação de pedidos de compras em função da quantidade em *stock* e a gestão da entrada e saída de materiais do armazém;

- **Gestão de relatórios e indicadores de desempenho:** processamento de dados, cálculo de indicadores de desempenho e emissão de relatórios diversos, desde relatórios de trabalhos, relatórios financeiros, entre outros.

Além destas funcionalidades chave, alguns CMMSs possuem também funcionalidades de gestão de compras, que permitem gerir pedidos de compra, subcontratação de serviços de manutenção, informações sobre fornecedores e controlar a receção dos materiais encomendados (Carnero & Novés, 2006; Cato & Mobley, 2002).

### 2.6.2 Vantagens da implementação

A capacidade dos CMMSs em gerir elevadas quantidades de dados em tempo real permitiu o desenvolvimento de novas abordagens de gestão de ativos, mais ágeis e apropriadas (Labib, 2004). Contudo, Labib (1998) alerta para o facto de que os CMMSs devem ser vistos apenas como uma ferramenta de apoio à resolução de problemas, mas não podem por si próprios resolver os problemas relacionados com a gestão da manutenção.

A implementação bem-sucedida de um CMMS permite à organização usufruir de diversos benefícios, tais como (Braglia, Carmignani, & Frosolini, 2006; Carnero & Novés, 2006; Cato & Mobley, 2002):

- Racionalizar, medir e controlar os recursos envolvidos na manutenção;
- Redução dos custos operacionais, principalmente devido à melhor gestão dos *stocks* dos materiais e à redução das ações corretivas;
- Fornecimento de informações pertinentes a outras funções, facilitando que a empresa trabalhe organicamente, de forma coordenada e integrada;
- Melhoria do controlo sobre o planeamento e programação da manutenção preventiva;
- Acesso fácil e rápido a dados e estatísticas da manutenção, que podem ser utilizados para tomar decisões;
- Aumento da disponibilidade e tempo de vida útil dos ativos;
- Manutenção de registos históricos fiáveis.

Alguns estudos evidenciam os benefícios resultantes da implementação de um CMMS. Cato e Mobley (2002) revelam que a produtividade do sector da manutenção em indústrias dos EUA e Canadá aumentou de cerca de 35% para 70 a 80% após a adoção de um CMMS. Os mesmos autores referem ainda que, os custos dos *stocks* de materiais são reduzidos, em média, entre 5 a 12% com a implementação de um CMMS. Também O'Donoghue e Prendergast (2004) realizaram um caso de

estudo numa indústria têxtil em que, após 7 meses de implementação do CMMS, verificaram uma redução do custo das peças de substituição, a melhoria da disponibilidade dos equipamentos, uma redução dos tempos de entrega e a redução da manutenção não programada, tendo-se determinado que o período de retorno de investimento foi de apenas 0,46 anos.

### 2.6.3 Seleção do sistema a implementar

Apesar da importância do CMMS como uma ferramenta crucial para suporte à gestão da manutenção, Wienker *et al.* (2016) refere que a taxa de sucesso na implementação bem-sucedida destes sistemas é surpreendentemente baixa, entre 25 a 40%, sendo que apenas 6 a 15% dos utilizadores usufruem de todas as funcionalidades disponíveis.

O'Hanlon (2004) constatou que 57% dos inquiridos relataram que a implementação do CMMS não gerou o retorno sobre o investimento. Num outro estudo, Evans (2003) verificou que as taxas de insucesso na implementação dos CMMSs podem atingir os 70%.

De acordo com Cato e Mobley (2002), existem vários motivos para que um CMMS não corresponda às expectativas do utilizador, nomeadamente a ausência de esforço e preparação no processo de seleção do CMMS mais adequado, o baixo envolvimento da gestão de topo no processo de seleção e a falta de treino na utilização do sistema. Carnero e Novés (2006) argumentam também que o insucesso da implementação pode ser justificado pela incorreta seleção do CMMS e pela inexistência de projetos adequados para a configuração do mesmo.

Deste modo, para evitar uma implementação incipiente, que não resulte nos benefícios esperados, é importante selecionar adequadamente o CMMS a implementar. Tendo em conta que a seleção do CMMS mais adequado depende do contexto organizacional, e como cada organização apresenta a sua individualidade, é importante que cada uma identifique previamente os requisitos informáticos que pretende para a gestão da manutenção. Kans (2008) apresenta um modelo conceptual para a identificação destes requisitos, que parte da identificação dos objetivos, estratégia e política da manutenção. Após a fase de identificação dos requisitos, é possível fazer uma primeira análise de mercado, do qual irão surgir possíveis CMMSs candidatos. Esses candidatos deverão ser posteriormente classificados com recurso a uma metodologia multicritério de tomada de decisão (MCDM). As metodologias MCDM são comumente utilizadas para a resolução de problemas relativos à seleção da melhor alternativa a partir de um conjunto de opções (Braglia *et al.*, 2006).

A técnica AHP (*Analytic Hierarchy Process*), desenvolvida por Saaty (1980), é uma técnica de tomada de decisão multicritério, capaz de lidar com decisões não estruturadas ou semi-estruturadas, considerando múltiplos critérios e múltiplas contribuições de várias pessoas (Durán, 2011). Esta técnica permite aos analistas estruturar um problema complexo, organizando os seus fatores críticos sob a forma de uma estrutura hierárquica, semelhante a uma árvore genealógica. Desta forma, reduz as decisões complexas a uma série de comparações e classificações entre pares, permitindo não só ajudar a selecionar a solução ideal, mas também a justificar claramente cada uma das classificações atribuídas (Braglia *et al.*, 2006).

Esta técnica é uma das metodologias MCDM mais promissoras, comprovado por estudos em diversas áreas, desde a saúde (Liberatore & Nydick, 2008), planeamento (Vaidya & Kumar, 2006), gestão de projetos (Mustafa & Albahar, 1991), desenvolvimento de novos produtos (Ayag, 2005), produção (Karsak & Tolga, 2001), entre outros. Além disso, esta técnica já foi utilizada para tomar decisões relativas à classificação e seleção de máquinas e sistemas baseados em tecnologias de informação (Bozdag, Kahraman, & Ruan, 2003; Ordoobadi Sharon & Mulvaney, 2001; Shamsuzzaman, Sharif Ullah, & Bohez, 2003) e para o problema de seleção de *software* em diversas áreas, conforme comprovado por diversos estudos (Davis & Williams, 1994; Lai, Trueblood, & Wong, 1999; Lai, Wong, & Cheung, 2002; Min, 1992; Ossadnik & Lange, 1999).

Nas áreas de gestão da manutenção, a técnica AHP foi aplicada para seleção do CMMS mais adequado (Braglia *et al.*, 2006; Carnero & Novés, 2006; Durán, 2011), bem como para a seleção da política de manutenção ou estratégia de manutenção mais apropriada (Bertolini & Bevilacqua, 2006; Labib, 2004; Zaim, Turkyilmaz, Acar, Al-Turki, & Demirel, 2012).

A aplicação da técnica AHP é efetuada de acordo com as etapas abaixo descritas (Braglia *et al.*, 2006; Durán, 2011; Saaty, 1980, 1990; Vaidya & Kumar, 2006).

### 1. Definição do objetivo

### 2. Construção da estrutura hierárquica para o problema

Definição dos critérios de decisão sob a forma de uma árvore hierárquica. A estrutura hierárquica deve ser composta por diferentes níveis, desde o nível mais elevado (i.e., o objetivo), aos níveis intermédios (i.e., os critérios e subcritérios) até ao nível mais baixo (i.e., as alternativas).

### 3. Comparação e classificação dos critérios, subcritérios e alternativas

Classificação dos critérios, subcritérios e alternativas pela sua importância em relação ao elemento relevante pertencente ao nível superior (i.e., classificar a importância relativa dos critérios em relação ao objetivo, a importância relativa dos subcritérios em relação ao critério associado e, por fim, a importância relativa das alternativas em relação a cada um dos subcritérios).

Para tal, a técnica AHP recorre a comparações pareadas para determinar as classificações a atribuir, de modo a que o analista possa concentrar-se em apenas dois fatores de cada vez. Os julgamentos qualitativos atribuídos pelo analista são traduzidos por uma pontuação numérica. A escala numérica originalmente proposta por Saaty (1980) encontra-se representada na **Tabela I**, contudo, alguns autores utilizam outras escalas que derivam desta.

**Tabela I** – Escala de classificação proposta por Saaty (1980).

Escala de importância relativa	Definição
1	Igual importância
3	Moderada importância
5	Maior importância
7	Muito maior importância
9	Extrema importância

Nota: Podem ser atribuídos valores intermediários entre dois juízos adjacentes (2,4,6,8)

As comparações pareadas dos elementos (critérios, subcritérios e alternativas) são efetuadas através de matrizes de julgamento recíprocas. A **Tabela II** mostra um exemplo de matriz de julgamento, em que  $A_1, A_2, \dots, A_n$  são os elementos a comparar e  $(w_i/w_j)$  representa a importância relativa (ou peso) do elemento  $i$  em relação ao elemento  $j$ . De notar que os valores da diagonal da matriz são todos iguais a 1, visto que representam a comparação de um elemento com si mesmo.

**Tabela II** – Matriz de julgamento. Adaptado de Saaty (1980).

Elemento $j$ \ Elemento $i$	A1	A2	...	A $n$
A1	$w_1/w_1$	$w_1/w_2$	...	$w_1/w_n$
A2	$w_2/w_1$	$w_2/w_2$	...	$w_2/w_n$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
A $n$	$w_n/w_1$	$w_n/w_2$	...	$w_n/w_n$

Depois de construídas as matrizes, é necessário calcular os vetores de prioridade, que nos indicam a importância relativa de cada elemento da matriz. O vetor de prioridade, também designado por autovetor normalizado, deverá ser determinado de acordo com os fundamentos algébricos (Saaty, 1980).

De seguida, para averiguar a qualidade dos julgamentos, ou seja, a sua consistência, começa-se por calcular o máximo autovalor da matriz ( $\lambda_{\text{máx}}$ ). Considerando que  $a_{ij} = w_i/w_j$ , o cálculo é efetuado pela seguinte fórmula:

$$\lambda_{\text{máx}} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} w_j = \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^n a_{ij}) w_j \quad (\text{Equação 1})$$

Partindo do valor de  $\lambda_{\text{máx}}$ , determina-se o índice de consistência (IC) da matriz  $n \times n$ , pela seguinte fórmula:

$$IC = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n-1} \quad (\text{Equação 2})$$

Por fim, determina-se o valor da razão de consistência (RC), que irá averiguar se os julgamentos/classificações atribuídas na matriz são consistentes. O cálculo de RC é efetuado ao dividir o valor de IC pelo índice de consistência aleatório (IA), que representa o valor médio aleatório de IC para uma matriz  $n \times n$ . O cálculo de RC é determinado pela seguinte fórmula:

$$RC = \frac{IC}{IA} \quad (\text{Equação 3})$$

O valor de IA é obtido a partir de valores tabelados por Saaty (1980) – **Tabela III**.

**Tabela III** – Valores de índice de consistência aleatório (IA) para matrizes de diferentes ordens. Fonte: Saaty (1980).

<i>n</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>IA</b>	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Os julgamentos de uma determinada matriz são considerados consistentes se  $RC \leq 0,1$  (10%). Caso se verifique alguma inconsistência, o processo de classificação terá de ser necessariamente repetido para essa matriz, até se obterem valores considerados aceitáveis.

#### 4. Seleção da alternativa mais adequada

Depois de determinar a importância relativa de cada critério, subcritério e alternativa, e após verificar a consistência dos julgamentos, é necessário selecionar a melhor alternativa. Essa seleção é determinada pelos valores de prioridade globais de cada alternativa, que traduzem a contribuição de cada uma em

relação ao objetivo geral definido inicialmente, ou seja, determinam a alternativa que melhor permite concretizá-lo.

Os valores de prioridade globais para cada alternativa são obtidos pelo somatório dos produtos da ponderação de cada subcritério (i.e., a sua importância relativa) e a respetiva importância relativa obtida por cada alternativa em cada subcritério. A alternativa com o valor de prioridade global mais elevado será a selecionada.

## 2.7 Avaliação de desempenho na manutenção

A medição do desempenho é um princípio fundamental da gestão, baseado no pressuposto de que só é possível gerir aquilo que se mede (Cabral, 2013; Muchiri *et al.*, 2011). Em semelhança a outras funções organizacionais, a medição do desempenho na função manutenção é essencial como um meio para atingir a excelência organizacional.

Os indicadores de desempenho, quando bem definidos, permitem a identificação de lacunas entre o desempenho atual e o desejado, atuando como uma ferramenta de orientação da organização na monitorização da sua estratégia e visão (Muchiri *et al.*, 2011; Wireman, 2005).

Os indicadores eleitos pela gestão para medir desempenhos e estabelecer metas designam-se por KPIs (*Key Performance Indicators*), ou indicadores-chave de desempenho (ICD). De acordo com Tsang (1998, 1999) e Muthu *et al.* (2000), a medição de desempenho que avalia a contribuição da função manutenção para os objetivos estratégicos deve ser holística. A visão holística do desempenho da gestão da manutenção requer que os KPIs sejam estabelecidos sob várias perspetivas, num sistema de medição de desempenho balanceado (Cabral, 2013; Pinto, 2013).

De acordo com a norma de indicadores de desempenho da manutenção, a NP EN 15341:2009, o desempenho da manutenção resulta da utilização eficiente dos recursos para que um bem seja mantido ou reestabelecido no estado desejado de funcionamento. O conjunto de indicadores proposto pela norma visa medir o desempenho da manutenção no contexto dos fatores que a influenciam, nomeadamente fatores externos, como a localização, a cultura da sociedade, o custo de mão-de-obra, e fatores internos, como a dimensão da instalação, a severidade do processo, entre outros.

O sistema de indicadores de desempenho proposto pela NP EN 15341:2009 encontra-se estruturado sob três perspetivas diferentes: económica, técnica e organizacional. De seguida apresentam-se estas três perspetivas e alguns exemplos de indicadores propostos pela referida norma e por outros autores.

### 2.7.1 Indicadores económicos

Os indicadores económicos visam estimar os custos diretos e indiretos da manutenção. Os custos da manutenção são influenciados pela eficácia e eficiência com que as atividades de manutenção são realizadas. Uma manutenção eficiente traduz-se numa melhor utilização dos recursos e, conseqüentemente, numa redução dos custos associados (Muchiri *et al.*, 2011).

Um dos indicadores económicos proposto pela norma visa determinar a percentagem dos custos totais de manutenção incorridos com o pessoal interno da manutenção, sendo dado por:

$$\% \text{ Custo com pessoal interno} = \frac{\text{Custo total com o pessoal interno da manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

O custo total da manutenção engloba os custos de mão-de-obra (remunerações, salários, horas extra do pessoal interno de manutenção, custo das atividades de manutenção realizadas pelo pessoal da produção), os custos de materiais (peças, materiais e consumíveis para uso da manutenção, ferramentas e equipamentos não imobilizáveis ou alugados), custos de serviços contratados (atividades de manutenção realizadas por entidades externas, contratos, serviços de consultoria) e os custos administrativos (formação e treino do pessoal, documentação técnica, deslocações e estadias, sistemas informáticos, energia e serviços gerais, amortização dos equipamentos de manutenção, oficinas e armazéns) (NP EN 15341, 2009).

O custo com o pessoal interno da manutenção engloba desde o custo do pessoal de manutenção direta, ou seja, o pessoal que executa as atividades de manutenção no terreno ou em oficina (designados como operários ou técnicos de manutenção), o custo do pessoal de manutenção indireta (direção, responsáveis, supervisores, pessoal de engenharia de manutenção e planeamento, pessoal dos armazéns) e, por fim, o custo com pessoal da produção que executa atividades de manutenção (NP EN 15341, 2009).

A norma prevê também a quantificação da percentagem dos custos totais referente aos custos de materiais e aos custos de serviços contratados, considerando a definição anteriormente apresentada. Essa quantificação é efetuada de acordo com os indicadores a seguir apresentados (equação 5 e 6).

$$\% \text{ Custo dos contratos} = \frac{\text{Custo total dos contratos}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100 \quad (\text{Equação 5})$$

$$\% \text{ Custo dos materiais} = \frac{\text{Custo total dos materiais de manutenção}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100 \quad (\text{Equação 6})$$

Os custos totais de manutenção, além de serem quantificados em função da tipologia de custo (i.e., custos com pessoal interno, custos de materiais e custos de serviços contratados), podem também ser determinados em função do tipo de manutenção, i.e., manutenção preventiva, corretiva e de melhoria (NP EN 15341, 2009).

A percentagem dos custos totais referente à manutenção preventiva é determinada da seguinte forma:

$$\% \text{ Custo da manutenção preventiva} = \frac{\text{Custo da manutenção preventiva}}{\text{Custo total da manutenção}} \times 100 \quad (\text{Equação 7})$$

A quantificação da percentagem dos custos totais para a manutenção corretiva e de melhoria é determinada de forma análoga, substituindo o “custo da manutenção preventiva” pelo “custo da manutenção corretiva” e pelo “custo das ações de melhoria”, respetivamente.

### 2.7.2 Indicadores técnicos

De entre o conjunto de indicadores técnicos proposto pela norma, destacam-se alguns dos mais frequentemente utilizados para monitorizar o desempenho da manutenção, nomeadamente, o MTBF (*Mean Time Between Failures*) e o MTTR (*Mean Time To Repair*).

O MTBF, ou tempo médio entre falhas, representa o tempo médio de funcionamento do equipamento entre duas falhas consecutivas. Este é um indicador de fiabilidade do equipamento, que é entendida como a aptidão de um bem para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um determinado período de tempo (Cabral, 2013; NP EN 13306, 2007; Pinto, 2013).

O tempo médio entre falhas é calculado pela seguinte fórmula:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de funcionamento}}{\text{Número total de avarias}} \quad (\text{Equação 8})$$

O tempo total de funcionamento representa o tempo durante o qual o equipamento desempenhou a função requerida num determinado período de análise. O número total de avarias corresponde ao número de reparações (intervenções corretivas) realizadas nesse mesmo período. Apesar de Cabral

(2013) recomendar que este indicador seja expresso em horas de funcionamento, a norma não o especifica, podendo ser representado noutra unidade.

O tempo de funcionamento de um equipamento pode ser determinado automaticamente, por via de um sistema de controlo centralizado ou, em alternativa, através dos conta-horas de equipamentos contadores, como é o caso dos motores a *diesel*, empilhadores e compressores, entre outros. Neste último caso, o tempo de funcionamento será a diferença entre as leituras no fim e no início do período de análise (Cabral, 2013).

Contudo, nem sempre se dispõem dos meios necessários para quantificar o tempo de funcionamento de um equipamento. Nesses casos, o MTBF pode ser calculado a partir do tempo de calendário, em vez do tempo de funcionamento (Cabral, 2013). Obtém-se, assim, o tempo médio de calendário entre falhas, da seguinte forma:

$$MTBF = \frac{\text{Tempo total de calendário}}{\text{Número total de avarias}} \quad (\text{Equação 9})$$

O tempo total de calendário corresponde ao número de dias do período de análise, para o qual se deve determinar o número de avarias que ocorreram, a fim de perceber de quanto em quanto tempo ocorre uma avaria (Cabral, 2013).

O MTTR, ou tempo médio de reparação, visa determinar o tempo médio de reparação de uma avaria. Trata-se de um indicador de manutibilidade, na medida em que permite avaliar a facilidade com que as ações de manutenção são realizadas. Quanto mais baixo o valor de MTTR, mais rapidamente são efetuadas as reparações, o que significa que o equipamento apresenta uma boa manutibilidade (Cabral, 2013; Pinto, 2013; Wireman, 2005).

O cálculo do MTTR é realizado de acordo com a fórmula:

$$MTTR = \frac{\text{Tempo total das reparações}}{\text{Número total de avarias}} \quad (\text{Equação 10})$$

De acordo com a NP EN 15341:2009, o tempo total de reparação é o somatório de todos os tempos de reparação durante um determinado período de tempo, que é dividido pelo total de avarias que ocorreram nesse mesmo período. A norma considera o tempo de reparação equivalente ao tempo de indisponibilidade devido a avarias, o que significa que inclui a contribuição dos tempos de espera e de eventuais atrasos administrativos e logísticos.

Contudo, vários autores recomendam considerar o tempo de reparação e o tempo de espera separadamente, como parte do “tempo de indisponibilidade devido a avarias” (Muchiri *et al.*, 2011; Pinto, 2013). Nesta lógica, o tempo de reparação do MTTR corresponde ao tempo de indisponibilidade, incluindo os atrasos administrativos e logísticos, mas descontando os tempos de espera, que são contabilizados por outro dos indicadores mais frequentemente utilizados na gestão da manutenção, o MWT (*Mean Waiting Time*).

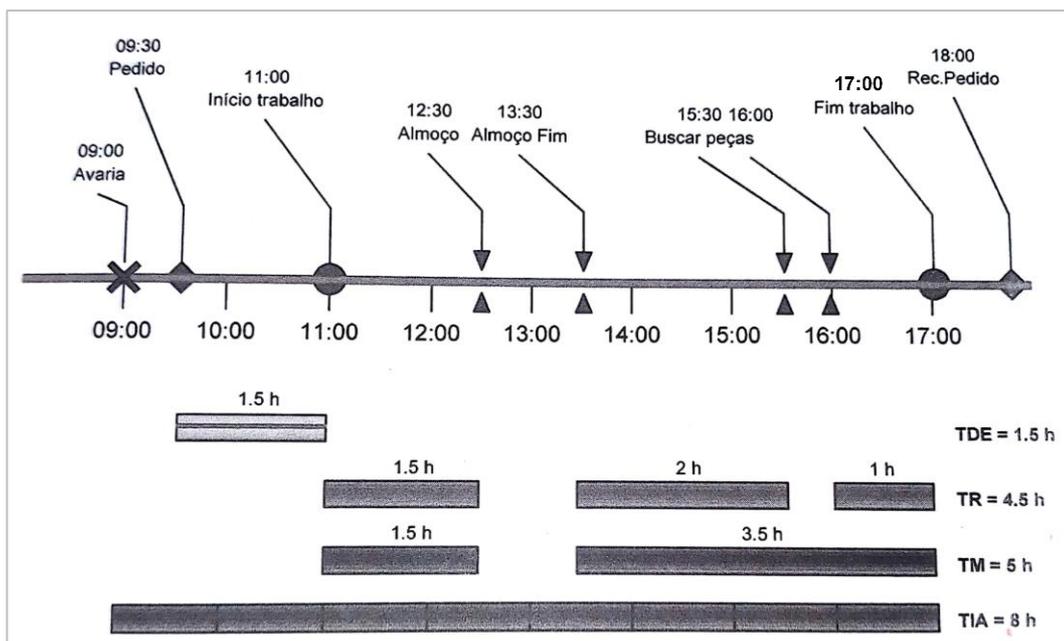
O MWT, ou tempo médio de espera, representa o tempo médio de espera para atendimento de pedidos de reparação de avarias num determinado período de tempo. Deste modo, permite expressar a eficiência da resposta do sector de manutenção às solicitações para reparação de avarias (Cabral, 2013). Por outras palavras, permite averiguar a rapidez com que a equipa de manutenção reage a um pedido de reparação de avaria (Pinto, 2013), determinando o tempo médio entre o momento em que o pedido é solicitado e o momento em que se inicia a reparação, da seguinte forma:

$$MWT = \frac{\text{Tempo total de espera}}{\text{Número total de avarias}} \quad (\text{Equação 11})$$

De acordo com Pinto (2013), é boa prática de gestão da manutenção fazer a separação entre os tempos de reparação (MTTR) e os tempos de espera (MWT), de forma a facilitar a identificação de causas que possam estar na origem de tempos de indisponibilidade elevados.

Cabral (2013) define uma classificação mais criteriosa dos tempos associados à manutenção. O autor faz a distinção entre os tempos abaixo descritos (**Figura 6**).

- Tempo de indisponibilidade por avaria: equivalente à definição da NP EN 15341:2009;
- Tempo de espera: equivalente à definição anteriormente apresentada;
- Tempo de manutenção: tempo durante o qual um ou mais intervenientes efetuam a manutenção num bem, incluindo o tempo de logística (e.g., deslocação ao armazém), mas descontando os tempos administrativos (e.g., intervalos para almoço);
- Tempo de reparação: parte do tempo de manutenção corretiva ativa, durante a qual a reparação é realizada sobre um bem, descontando os tempos de logística.



**Legenda:** TM – Tempos de manutenção; TR – Tempos de reparação; TDE – Tempos de espera; TIA – tempo de indisponibilidade por avaria (TIA).

**Figura 6** – Classificação dos tempos de acordo com Cabral (2013).

### 2.7.3 Indicadores organizacionais

A vertente organizacional é também considerada pela NP EN 15341:2009. A presente norma dispõe de um conjunto de indicadores de desempenho para estimar a percentagem de horas de mão-de-obra (MDO) utilizada nos diversos tipos de manutenção, nomeadamente na manutenção corretiva, na manutenção preventiva e em melhoria contínua, conforme as fórmulas apresentadas de seguida.

$$\text{Taxa de utilização de MDO (corretiva)} = \frac{\text{Horas de MDO utilizadas na manutenção corretiva}}{\text{Total de horas de MDO de manutenção}} \times 100 \quad (\text{Equação 12})$$

$$\text{Taxa de utilização de MDO (preventiva)} = \frac{\text{Horas de MDO utilizadas na manutenção preventiva}}{\text{Total de horas de MDO de manutenção}} \times 100 \quad (\text{Equação 13})$$

$$\text{Taxa de utilização de MDO (melhoria)} = \frac{\text{Horas de MDO utilizadas para melhoria contínua}}{\text{Total de horas de MDO de manutenção}} \times 100 \quad (\text{Equação 14})$$

Nas equações 12, 13 e 14, as horas de mão-de-obra englobam as horas realizadas por pessoal interno e externo de manutenção. Desta forma, este conjunto de indicadores permite estimar a taxa de utilização de mão-de-obra nos diversos tipos de manutenção, ou seja, permite perceber a distribuição do esforço da equipa de manutenção.

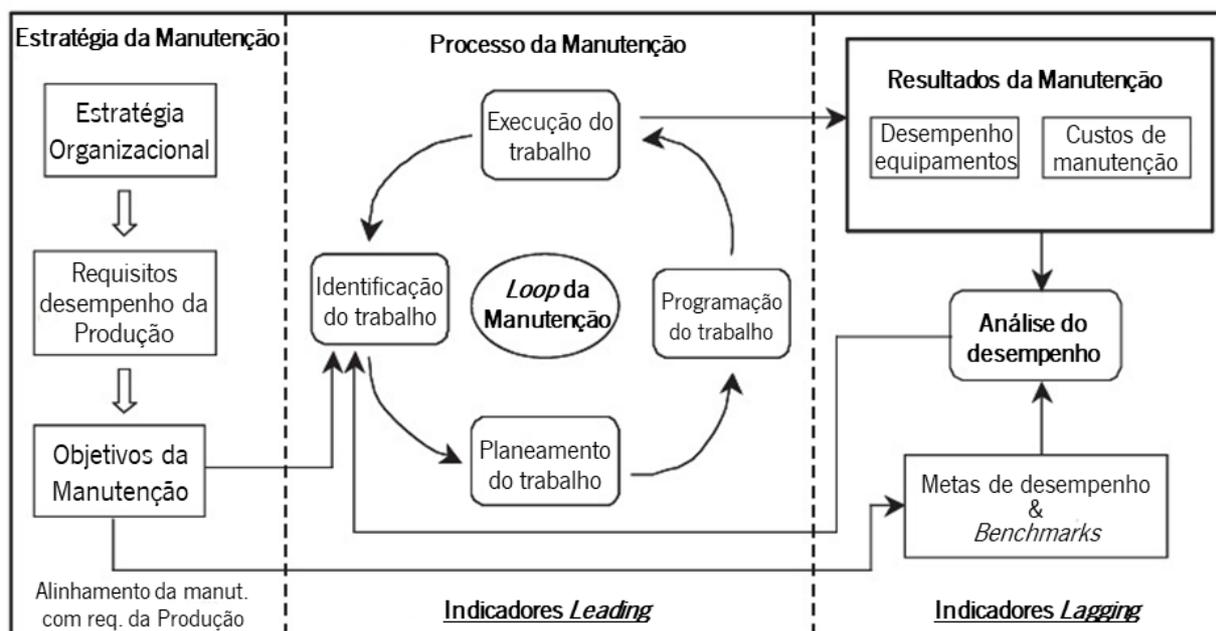
Outro dos indicadores organizacional proposto pela norma visa averiguar a qualidade do planeamento e programação das atividades de manutenção, dado que permite verificar em que medida as atividades de manutenção programadas foram efetivamente realizadas dentro do tempo previsto, estimado para a sua conclusão. Este indicador é calculado da seguinte forma:

$$\% \text{ OTs programadas concluídas} = \frac{\text{Número de OTs executadas dentro do tempo previsto}}{\text{Número total de OTs programadas}} \times 100 \quad (\text{Equação 15})$$

#### 2.7.4 Modelo de Muchiri *et al.*

De acordo com Muchiri *et al.* (2011), a literatura propõe vários KPIs para gestão da manutenção mas carece de uma abordagem estruturada para seleção dos mesmos. Além disso, não apresenta nenhum modelo que estabeleça a ligação entre os objetivos de manutenção ao processo de manutenção e seus resultados, o que iria apoiar na seleção dos indicadores de desempenho num determinado contexto.

No sentido de colmatar estas lacunas, os autores propuseram um modelo conceptual para medição do desempenho da função manutenção (**Figura 7**).



**Figura 7** – Modelo de medição do desempenho da manutenção. Adaptado de Muchiri *et al.* (2011).

Este modelo visa alinhar os objetivos da manutenção com os objetivos de produção e estratégicos, e direcionar o esforço da manutenção de modo a atingir o desempenho desejado. Para tal, o modelo apresenta três secções principais: alinhamento da manutenção com a produção; esforço da manutenção/processo; resultados da manutenção.

A primeira secção procura definir os objetivos da manutenção, alinhando-os com os requisitos de desempenho do sistema produtivo que, por sua vez, são definidos em função dos requisitos das diversas partes interessadas, refletidos na estratégia organizacional.

Partindo dos objetivos da manutenção, os gestores são capazes de estabelecer metas para atingir os resultados desejados. Assim, é importante gerir o processo de manutenção (segunda secção), de forma a garantir o direcionamento dos esforços da equipa em linha com os objetivos e resultados desejados.

Muchiri *et al.* (2011) considerou como atividades-chave do processo de manutenção as seguintes:

- Identificação do trabalho: consiste em identificar corretamente as atividades a efetuar pela equipa de manutenção, identificando os modos de falha e seus efeitos para cada equipamento;
- Planeamento do trabalho: desenvolvimento de procedimentos e ordens de trabalho para as atividades de manutenção identificadas, incluindo os recursos a utilizar, precauções de segurança, entre outros;
- Programação do trabalho: avalia a disponibilidade de recursos necessários às atividades de manutenção e o prazo para sua conclusão, incluindo a análise do impacto sobre o planeamento da produção;
- Execução do trabalho: garante que as intervenções programadas são executadas dentro do prazo estabelecido e por via de uma utilização eficiente de recursos.

Para gerir eficazmente cada uma das atividades associadas ao processo de manutenção, é necessário definir indicadores de desempenho para cada uma delas. De acordo com Muchiri *et al.* (2011), os indicadores que monitorizam o desempenho do processo de manutenção são referidos como *leading*, uma vez que monitorizam se as atividades estão a ser corretamente realizadas para que os resultados pretendidos sejam alcançados. Os autores propõem alguns dos exemplos mais comuns de indicadores *leading* para monitorização do processo de manutenção, distribuídos por cada uma das atividades anteriormente descrita (**Tabela IV**).

Tabela IV – Indicadores de desempenho *leading*. Adaptado de Muchiri *et al.* (2011).

Categoria	Indicador	Unid.	Descrição
Identificação do trabalho	Percentagem de trabalho proativo	%	Horas de trabalho previstas para trabalho proativo/Total de horas de trabalho disponíveis
	Percentagem de trabalho reativo	%	Horas de trabalho utilizadas em trabalho reativo/Total de horas de trabalho disponíveis
	Percentagem de trabalho de melhoria	%	Horas de trabalho utilizadas para melhoria/Total de horas de trabalho disponíveis
	Taxa de resposta a pedidos de manutenção	%	Solicitações em estado de espera < 5 dias/ Total de solicitações
Planeamento do trabalho	Intensidade do planeamento	%	Trabalho planeado/Total de trabalho realizado
	Qualidade do planeamento	%	Ordens de trabalho que exigem retrabalho devido ao planeamento/Total de ordens de trabalho
Programação do trabalho	Taxa de realização da programação das ações	%	Ordens de trabalho programadas para antes do prazo de execução/Total de ordens de trabalho
	Qualidade da programação	%	Ordens de trabalho com atrasos na execução devido a materiais ou mão-de-obra/Total de ordens de trabalho
Execução do trabalho	Taxa de cumprimento da programação das ações	%	Ordens de trabalho concluídas dentro da data prevista/Total de ordens de trabalho
	Tempo médio de reparação (MTTR)	Horas	Ver Equação 10
	Taxa de utilização de mão-de-obra	%	Total de horas gastas em ações de manutenção/Total de horas disponíveis
	Qualidade da execução	%	Ordens de trabalho que requerem retrabalho/Total de ordens de trabalho

Os resultados da manutenção (terceira secção) são monitorizados no que refere ao desempenho dos equipamentos, custos de manutenção e utilização eficiente de recursos. A análise dos resultados de manutenção pressupõe a comparação dos resultados alcançados com as metas estabelecidas, com dados históricos e com *benchmarks* relevantes, bem como a análise de tendências. Os indicadores de desempenho que monitorizam os resultados da manutenção são designados de *lagging*, visto que são obtidos depois dos eventos terem ocorrido (Muchiri *et al.*, 2011). Os autores apresentam alguns dos indicadores *lagging* mais frequentemente utilizados para monitorização do desempenho dos resultados de manutenção, distribuídos pelas categorias “desempenho dos equipamentos” e “custos de manutenção” – Tabela V.

Tabela V – Indicadores de desempenho *lagging*. Adaptado de Muchiri *et al.* (2011).

Categoria	Indicador	Unid.	Descrição
Desempenho dos equipamentos	Tempo médio entre falhas (MTBF)	Horas	Ver Equação 8
	Disponibilidade	%	$MTBF / (MTBF + MTTR) = T_{up}^{(1)} / (T_{up} + T_{down}^{(2)})$ (1) Tempo total em que o equipamento está operacional (2) Tempo total em que o equipamento não está operacional
	OEE ( <i>Overall Equipment Effectiveness</i> )	%	Disponibilidade x Desempenho x Qualidade
Custos de manutenção	Custo direto de manutenção	€	Custo total da manutenção preventiva e corretiva
	Percentagem de custos de manutenção face aos custos de transformação da produção	%	Custo total de manutenção/Custo de transformação da produção
	Taxa de rotação ( <i>turnover</i> ) dos <i>stocks</i>	Nº	Custo total dos materiais de manutenção/Valor médio do <i>stock</i> dos materiais
	Percentagem de custos com pessoal da manutenção	%	Ver Equação 4
	Percentagem de custos com subcontratados	%	Ver Equação 5

## 2.8 Manutenção Produtiva Total

A Manutenção Produtiva Total, vulgarmente conhecida como TPM (*Total Productive Maintenance*), é uma filosofia ou metodologia introduzida no Japão, após a segunda guerra mundial, com o objetivo de proporcionar à indústria japonesa uma forma de competir nos mercados internacionais, melhorando a qualidade e produtividade das suas fábricas (Ahuja & Khamba, 2008; Wireman, 2004).

O TPM foi implementado pela primeira vez na Nippondenso, na década de 1970, para suportar o sistema de produção *just in time*, de acordo com as práticas de *Lean Manufacturing*. Consiste numa abordagem inovadora de manutenção, que tem como objetivos (Ahuja & Khamba, 2008; Chan, Lau, Ip, Chan, & Kong, 2005; Pinto, 2013):

- Maximizar a eficiência e a utilização dos equipamentos, alcançando ganhos de produtividade e reduzindo os custos de manutenção;
- Melhorar a fiabilidade dos equipamentos, tendo como meta os *zero defeitos* e *zero avarias*.
- Desenvolver uma estratégia de manutenção proativa, durante todo o ciclo de vida do equipamento;
- Promover o envolvimento de todos os colaboradores, desde o chão de fábrica à gestão de topo;

- Promover a melhoria do desempenho operacional através do envolvimento dos operadores na realização de tarefas simples de manutenção (manutenção autónoma);
- Proporcionar uma cultura de melhoria contínua e motivação de todos os envolvidos.

Esta metodologia destaca-se por promover o relacionamento sinérgico entre todas as funções organizacionais, particularmente entre a produção e manutenção. Os operadores de produção passam a efetuar pequenas tarefas diárias de manutenção, o que se designa por manutenção autónoma. Desta forma, os técnicos de manutenção deixam de ser os únicos intervenientes na manutenção dos ativos, permitindo que se dediquem à implementação de melhorias para aumentar a fiabilidade e manutibilidade dos equipamentos (Ahuja & Khamba, 2008; Pinto, 2013).

O JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*) identifica as seis principais fontes de desperdício dos equipamentos que o TPM pretende eliminar:

- Perdas por avaria do equipamento – perdas que causam indisponibilidade no equipamento devido a avarias, o que compromete a eficiência produtiva;
- Perdas por pequenas paragens – perdas causadas por pequenas paragens no equipamento, por exemplo, por espera de matéria-prima, espera para controlo e inspeção, etc.;
- Perdas por redução da velocidade – perdas causadas pela diferença entre a velocidade nominal e real do equipamento;
- Perdas por produto defeituoso e retrabalho – perdas causadas pela produção de produtos defeituosos e operações de retrabalho;
- Perdas por ajuste e preparação (*setup*) – perdas causadas durante a preparação das máquinas ou processos, por exemplo, devido a troca de ferramentas e mudanças de produto;
- Perdas de início de produção – perdas causadas durante o arranque das máquinas e início do processo de produção, até à estabilização do processo.

De forma a reduzir os desperdícios identificados, a metodologia TPM sustenta-se por um conjunto de princípios, designados como os pilares do TPM, essenciais à sua implementação. O modelo proposto por Nakajima (1988), o autor do TPM, é composto por 8 pilares (**Figura 8**).

Como se pode observar, o modelo anterior organiza-se sob a forma de uma casa, em que os pilares representam os princípios básicos do TPM, que têm na sua base a metodologia 5S, que sustenta toda a implementação do TPM. A metodologia 5S sustenta o TPM na medida em que procura reduzir o

desperdício através de práticas simples de limpeza, organização e disciplina no local de trabalho, fundamentais para a identificação dos problemas e retenção dos benefícios resultantes da implementação do TPM. Os cinco princípios fundamentais da metodologia 5S são representados por um conjunto de cinco palavras de origem japonesa: *Seiri* – Seleção ou Triagem; *Seiton* – Organização ou arrumação; *Seiso* – Limpeza; *Seiketsu* – Padronização; *Shitsuke* – Autodisciplina (Ahuja & Khamba, 2008).

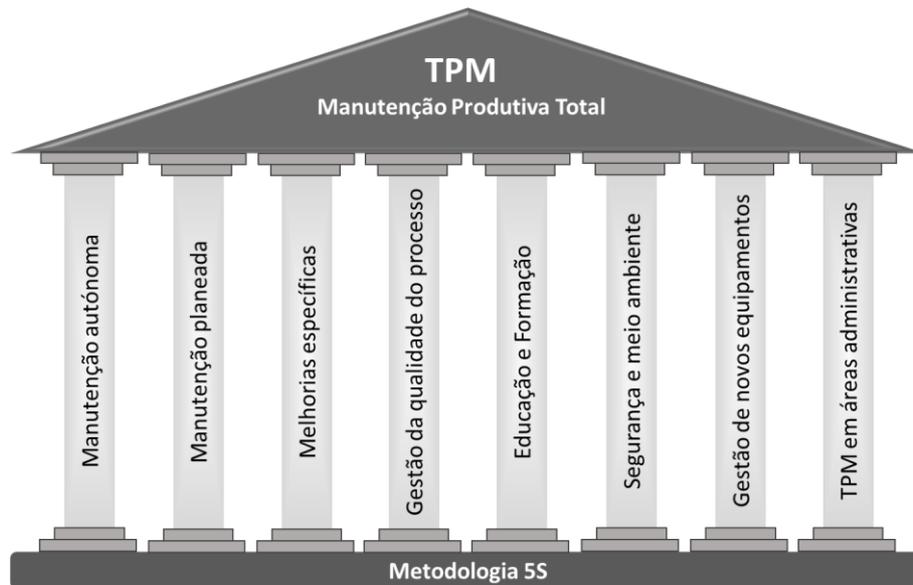


Figura 8 – Pilares de suporte do TPM. Adaptado de Nakajima (1988).

De seguida apresenta-se uma breve descrição de cada um dos 8 pilares do TPM.

#### Manutenção autónoma

A manutenção autónoma consiste no envolvimento dos operadores na execução das atividades básicas de manutenção nos seus equipamentos, como a limpeza, lubrificação, inspeção e pequenas reparações, que até então eram apenas asseguradas pelos técnicos de manutenção (Pinto, 2013; Suzuki, 1994).

De acordo com Chan *et al.* (2005), os técnicos de manutenção devem providenciar a formação e o suporte técnico necessários aos operadores, bem como definir as normas de limpeza, lubrificação e inspeção dos equipamentos, garantindo a uniformização das tarefas para manter os equipamentos nas condições ótimas de funcionamento.

#### Manutenção planeada

O pilar de manutenção planeada visa centralizar o esforço da manutenção em atividades proativas, reduzindo as atividades reativas. O objetivo é garantir a ausência de avarias e ausência de defeitos através

da manutenção planeada, que permite reduzir os custos de manutenção, reduzir os *stocks* de materiais e melhorar a fiabilidade e manutibilidade dos equipamentos (Pinto, 2013; Suzuki, 1994).

#### Melhorias específicas

Este pilar, também designado por “melhorias no equipamento e no processo”, engloba as atividades de melhoria focalizada, realizadas sobre os equipamentos e processos, para aumentar o seu desempenho e reduzir o desperdício. As melhorias específicas pretendem reduzir as perdas anteriormente identificadas, atingindo assim um estado de *zero perdas*, i.e., *zero falhas*, *zero defeitos* e *zero desperdícios* (Pinto, 2013; Suzuki, 1994). Nesta fase, a complementaridade com outras ferramentas, como é o caso dos 5W (os *Cinco Porquês*) e o diagrama de causa-efeito, permite auxiliar a análise e identificação dos desperdícios a eliminar (Pinto, 2013).

#### Gestão da qualidade do processo

Com este pilar pretende-se estabelecer as condições necessárias para a produção livre de defeitos e erros da qualidade, atingindo assim a meta dos *zero defeitos*. Pretende-se garantir que os processos são suficientemente robustos e à prova de erro. Para isso, é necessário perceber quais as fontes de variação que atuam no processo e que poderão originar defeitos, e proceder à sua eliminação. Devem também aplicar-se ações preventivas antes da ocorrência dos defeitos e recorrer a sistemas à prova de erro (*poka-yoke*), particularmente úteis na prevenção dos mesmos (Pinto, 2013; Suzuki, 1994).

#### Educação e formação

Tendo em conta que o TPM pretende envolver todos os colaboradores, é necessário difundir uma cultura de aprendizagem e formação contínua, que acompanhe a natureza evolutiva da metodologia. O objetivo é dotar os colaboradores das competências e conhecimentos necessários à implementação das práticas do TPM. A formação de operadores qualificados, capazes de executar as tarefas de manutenção autónoma e outras práticas do TPM, faz também parte deste pilar (Pinto, 2013; Suzuki, 1994).

#### Segurança e meio ambiente

Pretende-se com este pilar a criação de um local de trabalho seguro, que reúna as condições necessárias para a segurança e saúde do trabalhador e que evite danos para o meio ambiente. Com isso, os locais de trabalho devem ser mantidos limpos, seguros e organizados, o que pode ser conseguido através da implementação dos 5S e por via da introdução de melhorias nos equipamentos, que aumentem a segurança do trabalhador (Ahuja & Khamba, 2008; Pinto, 2013; Suzuki, 1994). Além disso, no que se

refere à proteção do meio ambiente, o objetivo é reduzir os impactos causados pelas atividades de manutenção, por exemplo, através da redução do consumo energético e eliminação de resíduos tóxicos.

A meta que se pretende alcançar com este pilar consiste nos *zero acidentes, zero danos para a saúde e zero incêndios* (Suzuki, 1994). As práticas necessárias para garantia da segurança e preservação do meio ambiente devem ser estabelecidas em procedimentos, à semelhança das práticas operacionais, tendo em conta a sua influência no desempenho organizacional.

#### Gestão de novos equipamentos

A gestão de novos equipamentos tem como finalidade a realização de atividades durante o planeamento da aquisição ou desenvolvimento de novos equipamentos, que lhes permita conferir um elevado grau de fiabilidade, durabilidade, economia, manutibilidade e segurança (Pinto, 2013; Suzuki, 1994). A organização deve recorrer à aprendizagem adquirida com os equipamentos existentes, o que permitirá apoiar a identificação dos fatores a considerar na aquisição ou desenvolvimento de um equipamento e evita a repetição de erros cometidos anteriormente (Willmott & McCarthy, 2001).

#### TPM em áreas administrativas

A aplicação das práticas do TPM nas áreas administrativas tem como objetivo melhorar a eficiência dos processos administrativos, por via de análise dos processos de compras, contabilidade, *marketing* e vendas. Dessa análise resulta a identificação e eliminação de perdas, desde avarias nos equipamentos de escritório, perdas de processamento, perdas por falhas de comunicação, reclamações dos clientes por falhas nas entregas, entre outros (Pinto, 2013; Suzuki, 1994). A melhoria dos processos administrativos, enquanto atividade de suporte, terá um impacto direto no desempenho do sistema produtivo.

## 2.9 Modelo de avaliação da maturidade da gestão da manutenção

A maturidade de uma organização pode ser avaliada em diversas vertentes. Para tal, são utilizados modelos de maturidade, que podem ser aplicados em vários domínios do conhecimento, desde a gestão da qualidade, desenvolvimento de *software*, gestão de pessoas, gestão da manutenção, entre outros (Crosby, 1979; Fernandez, Labib, Walmisley, & Petty, 2003; Maier, Moultrie, & Clarkson, 2009; Oliveira & Lopes, 2019). O objetivo de qualquer um destes modelos é auxiliar as organizações a alcançarem melhores resultados.

No domínio da gestão da manutenção, existem alguns modelos propostos pela literatura, que permitem classificar o nível de maturidade de gestão da manutenção em várias categorias/classes, de acordo com uma escala com vários níveis/estágios.

Oliveira e Lopes (2019) referem que os modelos existentes na literatura (Antil, 1991; Campbell & Reyes-Picknell, 2006; Cholasuke, Bhardwa, & Antony, 2004; Fernandez et al., 2003; Wireman, 1992) apresentam algumas limitações no que se refere à ausência de recomendações que permitam às organizações alcançar níveis de maturidade mais elevados, orientando-as na identificação de ações a implementar em contexto prático, de forma a melhorar o seu desempenho. Além disso, os autores referem que esses modelos não cobrem adequadamente todas as vertentes da cadeia de gestão da manutenção, ou seja, não são suficientemente abrangentes.

Com base nestas lacunas, os autores propuseram um modelo de avaliação da maturidade que permite às organizações reconhecer os seus pontos fracos nos domínios de gestão da manutenção e, com base nisso, possibilita a identificação de oportunidades de melhoria. O modelo proposto por Oliveira e Lopes (2019) permite avaliar a maturidade da gestão da manutenção de uma organização através da atribuição de um nível de 1 a 5 nas seguintes classes: Cultura Organizacional; Política de Manutenção; Gestão de Desempenho; Análise de Falhas; Planeamento e Programação das Atividades de Manutenção Preventiva; CMMS; Gestão de *stocks* (Compras e Inventário); Normalização e Controlo dos Documentos; Gestão de Recursos Humanos e Gestão de Resultados (Custos e Qualidade da Manutenção). O modelo completo com a descrição dos níveis para cada classe pode ser consultado no **Anexo I**.

A aplicação do referido modelo de maturidade permitirá aos gestores avaliarem o posicionamento do sector da manutenção da organização face aos padrões de classe mundial, auxiliando na identificação de ações de melhorias das práticas de gestão da manutenção, aumentando assim a eficiência do sector.

### 3. APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo pretende-se realizar uma breve apresentação e caracterização da empresa onde o presente trabalho foi desenvolvido, nomeadamente no que se refere à estrutura organizacional e o enquadramento do sector da manutenção na empresa, destacando as suas funções, a forma como se organiza, o método de atuação e os espaços físicos que ocupa. São descritos ainda os processos produtivos que estão na origem dos dois tipos de produtos comercializados pela empresa, as espumas e os “tecidos-não tecidos” (TNT) volumosos.

#### 3.1 Apresentação

A empresa no qual o presente trabalho foi desenvolvido é uma empresa familiar que se introduziu no mercado com a produção de espumas de poliuretano poliéter e, mais tarde, iniciou a produção de “tecidos-não tecidos” volumosos (a partir de fibras), sendo estas as duas grandes áreas de negócio atuais da empresa.

Desde a sua fundação, a empresa tem vindo a investir na tecnologia e na ampliação das suas linhas de produção. Tal investimento permitiu a consolidação da sua posição no mercado, através do fornecimento de matérias-primas para diversos sectores industriais: Automóvel, Calçado, Colchoaria, Confeção Têxtil Lar, entre outros. O Sistema de Gestão da Qualidade da empresa encontra-se certificado de acordo com o referencial ISO 9001, desde 1998.

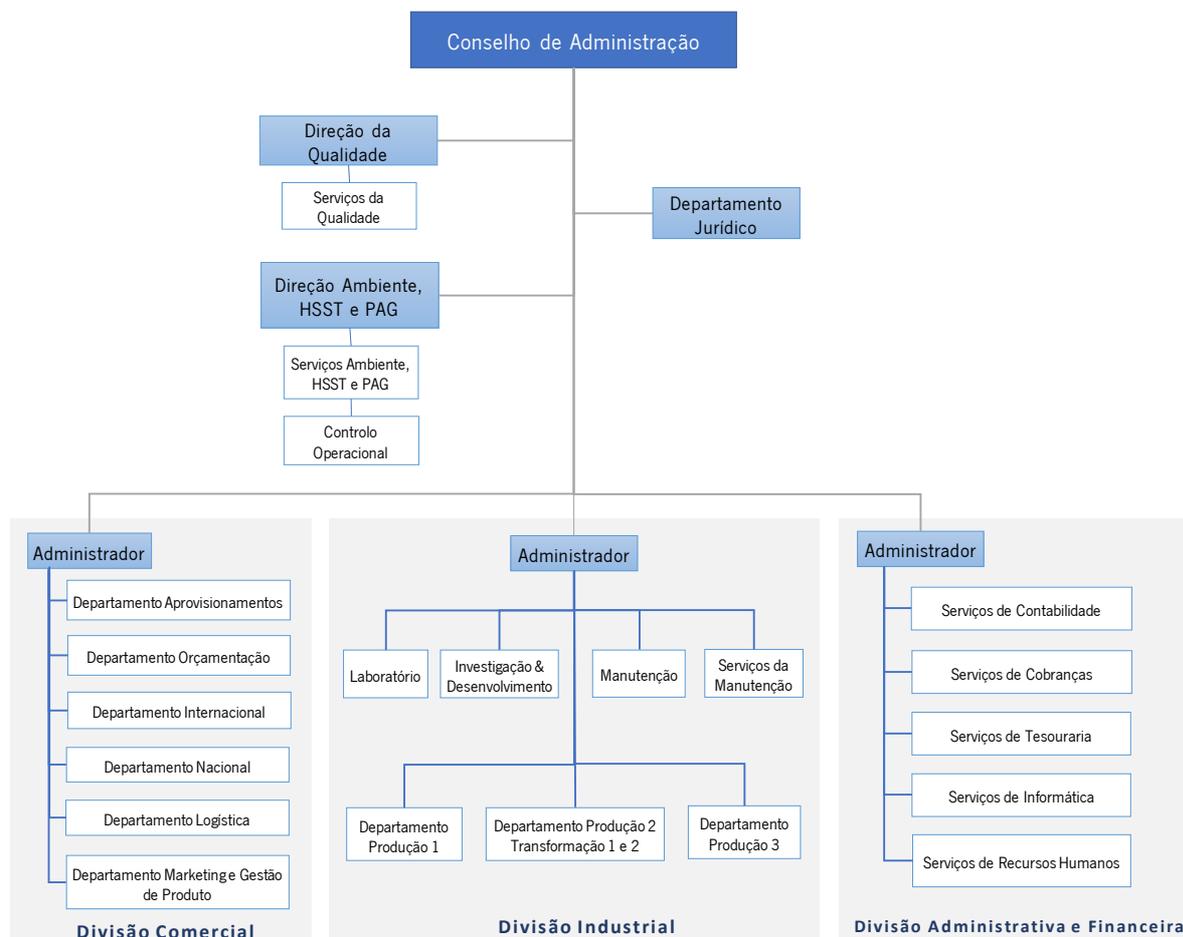
Atualmente, as instalações da empresa compreendem uma área total de 50,000 m<sup>2</sup>, com cerca de 350 colaboradores.

Em linha com a visão de ser uma empresa reconhecida pelas partes interessadas, pelo modo sustentável e socialmente responsável como cumpre a sua missão, a empresa usa matérias-primas de origem vegetal, de modo a que as espumas causem o menor impacto ambiental possível. Além disso, são produzidas espumas e fibras de acordo com os requisitos da norma OEKO-TEX®, que garante a utilização de produtos isentos de substâncias nocivas para a saúde humana.

Devido à especificidade do processo de produção de espumas, que pressupõe uma mistura de substâncias químicas perigosas, a empresa é abrangida pela Diretiva Seveso (Decreto-Lei 150/2015), que estabelece o regime de prevenção de acidentes graves que envolvem substâncias perigosas e de limitação das suas consequências para a saúde humana e para o ambiente.

### 3.2 Estrutura organizacional

A empresa alvo de estudo está organizada em 3 divisões funcionais: Divisão Comercial (DC), Divisão Industrial (DI) e Divisão Administrativa e Financeira (DAF). Cada uma destas divisões está ao encargo do respetivo Administrador que, por sua vez, reporta ao Conselho de Administração, como é possível observar no organograma da **Figura 9**.



**Figura 9** – Organograma geral da empresa.

Na Divisão Industrial (**Figura 10**), a gestão macro é da responsabilidade do Administrador e a gestão operacional é assegurada pelos responsáveis dos 3 departamentos de produção existentes, correspondentes aos três processos produtivos da empresa: Produção P1 – Espumas, Produção P2 – Transformação e Produção P3 – Fibras.

Os restantes departamentos/sectores, incluindo o Laboratório, Investigação e Desenvolvimento (I&D), Manutenção e Serviços de Manutenção, garantem as atividades de suporte necessárias aos processos produtivos da empresa.

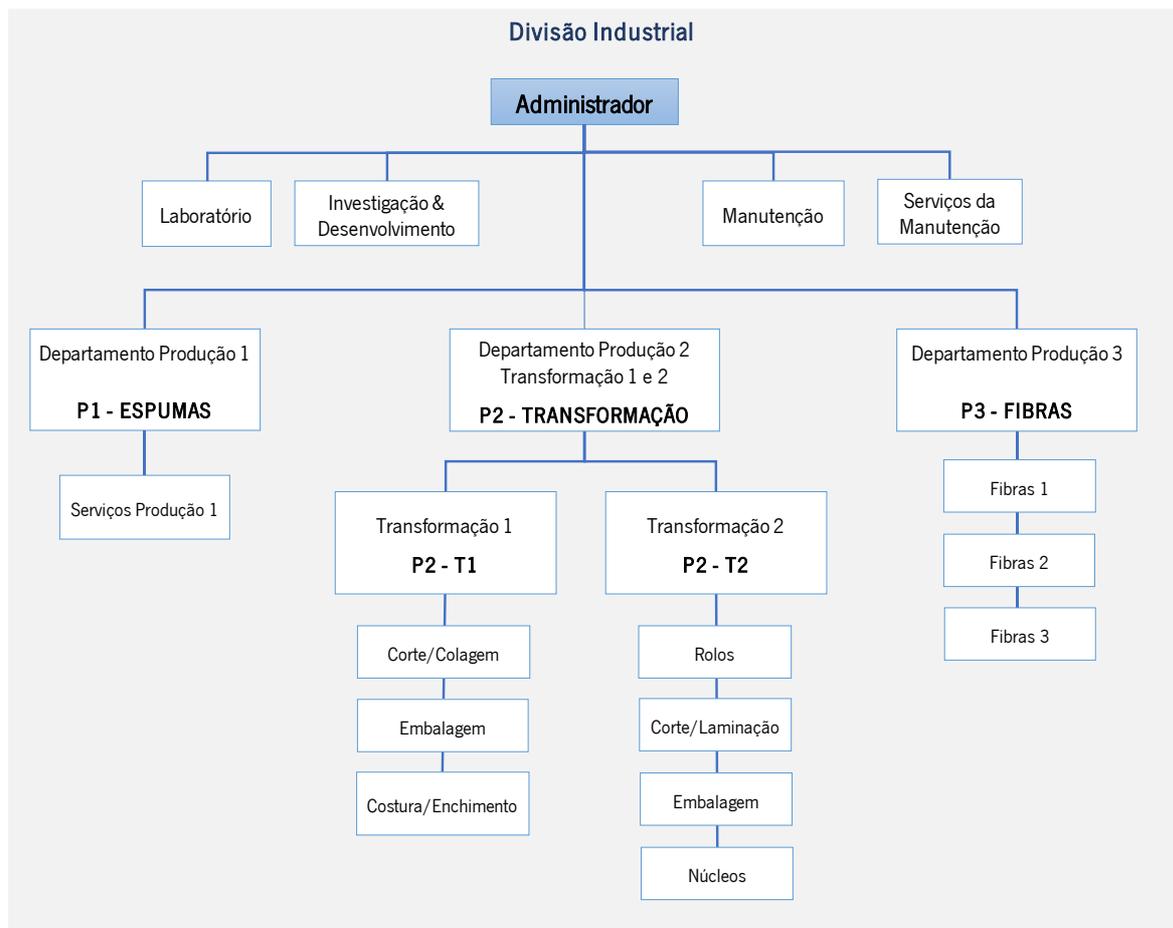


Figura 10 – Organograma funcional da Divisão Industrial da empresa.

No laboratório de Investigação & Desenvolvimento (I&D) são desenvolvidas as formulações químicas que estão na origem dos diferentes tipos de espuma. As atividades de I&D visam o desenvolvimento e aperfeiçoamento de produtos cada vez mais adaptados às necessidades dos clientes, mais “amigos do ambiente” e, simultaneamente, a procura pela aplicação de novas tecnologias para a introdução de produtos inovadores no mercado.

Na secção de Laboratório são efetuados os ensaios físicos e químicos para avaliação da conformidade da espuma durante as várias etapas do processo produtivo de P1, antes dos blocos de espuma serem encaminhados para P2 – Transformação.

A manutenção dos equipamentos produtivos, das infraestruturas e da frota da empresa é assegurada pelo sector da manutenção, que engloba o departamento de Manutenção (M) e o departamento de Serviços de Manutenção (SM), num total de 17 colaboradores.

O departamento de SM garante a gestão operacional das atividades de manutenção, suportando-se pelo departamento de M, que é responsável por uma gestão de alto nível.

O departamento de M é composto apenas por 1 engenheiro eletrotécnico, que é o responsável pelo departamento e que tem como funções a definição do Plano Anual de Manutenção Preventiva (IM014), a definição dos *stocks* mínimos por componente e a elaboração das Instruções de Trabalho (ITs) necessárias às ações de manutenção preventiva. Estes documentos são posteriormente partilhados e revistos em conjunto com o departamento de SM.

O departamento de Serviços de Manutenção contém um total de 16 colaboradores:

- 2 Engenheiros eletrotécnicos, sendo um deles o responsável pelo departamento;
- 10 Técnicos operacionais (6 serralheiros, 3 eletricitas e 1 torneiro mecânico);
- 3 Técnicos na Oficina Auto;
- 1 Fiel de Armazém (da manutenção).

Os 2 engenheiros eletrotécnicos dos SM são responsáveis por assegurar a execução das atividades dos Planos de Manutenção Preventiva, através da sua programação, atribuindo-as aos técnicos de acordo com a sua disponibilidade. Além disso, têm como função intervir no processo de desencadeamento de uma ação corretiva, ao indicar a equipa de manutenção a intervir, reportar a avaria aos técnicos operacionais e assegurar a disponibilidade dos materiais necessários.

Os 10 técnicos operacionais são responsáveis por efetuar as intervenções de manutenção dos equipamentos produtivos e infraestruturas, desde a manutenção corretiva, preventiva e de melhoria. Essas intervenções de manutenção são realizadas em 3 turnos diferentes. A alocação dos 10 técnicos operacionais aos 3 turnos é feita da seguinte forma:

- Turno das 7h – 16h: 1 torneiro, 1 eletricitista;
- Turno das 8h – 17h: 1 eletricitista, 5 serralheiros;
- Turno das 11h – 20h: 1 eletricitista, 1 serralheiro.

Na Oficina Auto, os 3 técnicos procedem à manutenção preventiva e corretiva de toda a frota da empresa, composta por viaturas ligeiras, pesadas e monta-cargas. Além disso, estes técnicos são responsáveis por efetuar as revisões periódicas às viaturas e prepará-las para as inspeções periódicas obrigatórias, de acordo com os trâmites legalmente impostos.

Por fim, o fiel de armazém é responsável pela gestão geral do armazém (que engloba a coordenação, gestão e organização de todos os produtos), receção e requisição de material e a gestão dos materiais de forma a manter os *stocks* mínimos.

A atuação da manutenção ocorre de forma centralizada, tendo em conta que não é feita uma afetação especializada da equipa de manutenção às diversas áreas produtivas. Ao invés, a afetação dos técnicos de manutenção está relacionada com as competências técnicas dos mesmos face à tipologia da intervenção (i.e., se é de natureza elétrica, mecânica, pneumática, etc.) e é estabelecida em função do seu horário de trabalho. Deste modo, os 10 técnicos operacionais atuam transversalmente em todas as áreas produtivas da empresa, de acordo com a programação das atividades de manutenção, realizada semanalmente pelo responsável dos SM.

O espaço de trabalho ocupado pelo sector da manutenção engloba dois escritórios, um armazém (dos materiais de manutenção) e duas oficinas (Oficina Auto e Oficina Mecânica) – **Figura 11**.



Figura 11 – Layout dos espaços de trabalho ocupados pelo sector da manutenção.

Um dos escritórios está alocado ao engenheiro eletrotécnico do departamento de M, enquanto o outro escritório é partilhado pelos 2 engenheiros eletrotécnicos do departamento de SM. A oficina mecânica é o local onde os técnicos operacionais realizam as atividades de apoio à manutenção, tendo ao seu dispor os equipamentos de apoio necessários, incluindo uma máquina de soldar, um torno mecânico e serras elétricas, sendo também o local onde se encontram armazenadas as ferramentas e equipamentos utilizados nas atividades de manutenção dos equipamentos produtivos e infraestruturas (incluindo multímetros, manómetros, paquímetros, fitas métricas, etc.).

Os dois escritórios, o armazém e a oficina mecânica encontram-se localizados no mesmo espaço físico, conforme representado na **Figura 11**. A oficina auto encontra-se estrategicamente mais afastada para facilitar a entrada e saída dos veículos.

### 3.3 Produtos e processos produtivos

A empresa dispõe de 3 processos produtivos para a produção de dois tipos de produto, as espumas e os “tecidos-não tecidos” volumosos: Produção P1 – Espumas, Produção P2 – Transformação e Produção P3 – Fibras.

#### 3.3.1 Espumas

A atividade principal da empresa consiste na produção e transformação de espumas flexíveis de poliuretano. A produção de espumas ocorre no Departamento de Produção 1 (Produção P1 – Espumas), num processo *one-shot* contínuo por via de reações químicas, através da mistura de matérias-primas individualizadas: polióis, isocianatos e água. Estas substâncias são encaminhadas para uma cabeça misturadora, onde são submetidas a uma agitação durante um determinado período de tempo. Quando a cabeça misturadora liberta a mistura química, inicia-se rapidamente o processo de expansão, com um aumento progressivo da viscosidade, formando-se assim a espuma flexível sob a forma de blocos.

Depois de produzidos, os blocos de espuma ficam a curar durante algumas horas em ambiente apropriado, após o qual são encaminhados para o processo de corte, transformação e embalagem, de acordo com as especificações do cliente. Estas etapas ocorrem no Departamento de Produção 2 (Produção P2 – Transformação), na secção de Transformação 1 (P2 – T1) ou Transformação 2 (P2 – T2), dependendo da finalidade do produto final.

Em P2, os blocos de espuma são cortados e podem ser fornecidos como produtos intermédios para diversos sectores industriais, sob a forma de blocos, rolos, coxins, placas ou modelos, ou como produtos acabados, tais como colchões e travesseiros.

Para as espumas, a empresa dispõe de uma diversidade de famílias de produtos, com características variáveis a nível da densidade, dureza, viscoelasticidade, porosidade, condutividade térmica, entre outros.

### 3.3.2 Tecidos-não tecidos volumosos (Fibras)

A empresa dedica-se também ao fabrico de “tecidos-não tecidos” volumosos, a partir de fibras de poliéster. A produção dos TNT ocorre no Departamento de Produção 3 (Produção P3 – Fibras), a partir de matérias-primas (fibras) encomendadas.

A secção de Fibras 1 (**Figura 10**) corresponde à produção de *Clusters* (bolas de fibra de poliéster), que podem ser vendidas a granel ou encaminhadas para P2 (Transformação), por via de transporte pneumático com ar comprimido, para o enchimento de almofadas.

Nas secções de Fibras 2 e Fibras 3 (**Figura 10**) são produzidas mantas de fibra de poliéster, que podem ser vendidas sob a forma de rolos, ou encaminhadas para P2 (Transformação) para o fabrico de edredons.

## 4. ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL DA MANUTENÇÃO

Com este capítulo pretende-se caracterizar os diversos aspetos do estado atual da gestão da manutenção da empresa, com o objetivo de identificar os principais problemas a solucionar para melhoria da eficiência do sector. Para tal, o capítulo inicia-se com uma análise da gestão das atividades de manutenção praticadas pela empresa. Além disso, é apresentado o processo de registo e gestão da informação, que visa descrever de que forma o sistema informático atual auxilia no registo dos equipamentos, na gestão do planeamento da manutenção preventiva, no registo dos diferentes tipos de intervenção e no controlo e gestão dos *stocks* do armazém da manutenção. São também analisados os indicadores de desempenho definidos para o sector da manutenção. Por fim, é avaliado o nível de maturidade da gestão da manutenção da empresa, que serve como base para identificação de possíveis ações de melhoria a implementar para resolver os problemas identificados na fase de diagnóstico do estado atual da manutenção

### 4.1 Gestão das atividades de manutenção

Na empresa em estudo, o processo associado à manutenção é designado *Gestão de Infraestruturas*, cujo objetivo é assegurar a disponibilidade e adequabilidade das infraestruturas e equipamentos, incluindo equipamentos produtivos e Equipamentos de Medição e Monitorização (EMMs).

As atividades de manutenção são realizadas nos equipamentos produtivos da empresa, bem como nas infraestruturas, como é o caso dos edifícios, a rede elétrica, rede de águas e saneamento, rede de ar comprimido, rede de telecomunicações e ar condicionado.

A empresa dispõe dos seguintes tipos de manutenção:

- Manutenção preventiva;
- Manutenção corretiva;
- Manutenção de melhoria.

A manutenção de melhoria engloba as alterações feitas nos equipamentos ou infraestruturas para melhoria do seu desempenho e das características operacionais.

As atividades de manutenção são realizadas a dois níveis:

- Manutenção de 1º nível, da responsabilidade do Operador;
- Manutenção de 2º nível, da responsabilidade da Manutenção.

A manutenção de 1º nível engloba as intervenções de manutenção preventiva, realizadas pelo próprio operador do equipamento, essencialmente intervenções diárias e semanais (limpeza e lubrificação), o que corresponde ao pilar de manutenção autónoma do TPM. A manutenção de 2º nível é da responsabilidade do sector da manutenção e engloba intervenções preventivas, corretivas e de melhoria, para os equipamentos produtivos e infraestruturas, sendo realizadas pelos técnicos de manutenção. Para distinguir as intervenções de 1º nível e 2º nível, as ITs possuem um campo referente ao Responsável, que será o Operador (1º nível) ou a Manutenção (2º nível).

#### 4.1.1 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva realizada na empresa corresponde à manutenção preventiva sistemática, de acordo com a classificação da NP EN 13306:2007. A periodicidade das intervenções de manutenção preventiva é definida com base nas recomendações do fabricante e reajustada de acordo com a experiência dos responsáveis dos departamentos de M e SM face ao histórico dos equipamentos, através de uma abordagem qualitativa, ou seja, que não se sustenta em factos e evidências (e.g., através de indicadores de desempenho). Atualmente, são realizadas intervenções de manutenção preventiva com as seguintes periodicidades: diária, semanal, mensal, trimestral, semestral, anual, bianual e tetranual.

O planeamento da manutenção preventiva é realizado anualmente no programa informático, no início de cada ano. Para tal, de acordo com as periodicidades descritas nas ITs de manutenção preventiva de cada equipamento e infraestrutura, é gerada uma listagem com todas as intervenções de manutenção preventiva a realizar naquele ano, correspondente ao Plano Anual de Manutenção Preventiva (IM014), em que cada intervenção tem uma data associada e corresponde a uma Ficha de Intervenção (IM004), que funciona como uma ordem de trabalho.

A Ficha de Intervenção é emitida pelo sistema informático, com indicação da data de emissão, e é onde serão posteriormente registadas as datas de execução efetivas da intervenção, por parte dos técnicos de manutenção. De acordo com esse plano, o responsável dos SM faz a programação semanal das atividades, num ficheiro Excel, onde atribui as intervenções aos técnicos, para cada dia da semana.

Devido ao facto de a atividade produtiva da empresa ser mais abundante até às 17h, a maioria das intervenções preventivas que requerem a paragem dos equipamentos para serem executadas, são planeadas para depois deste horário, para não interferir com o fluxo produtivo. Além disso, os técnicos de manutenção aproveitam as pequenas paragens na produção para realizarem ações de manutenção preventiva de curta duração, existindo uma cooperação eficiente entre a produção e a manutenção, de forma a rentabilizar a atividade dos dois sectores. As intervenções preventivas mais demoradas são

planeadas para os períodos de paragem para férias (e.g. no mês de agosto), onde a carga produtiva é menor.

#### 4.1.2 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva corresponde às intervenções de manutenção realizadas após a ocorrência de uma falha num equipamento ou infraestrutura. Quando uma avaria ocorre, os operadores comunicam ao responsável do sector que, por sua vez, reporta a avaria ao responsável dos SM, via chamada telefónica. O responsável dos SM faz uma primeira análise da situação e verifica se a intervenção poderá ser realizada internamente, pelos técnicos de manutenção. Em caso afirmativo, determina a equipa de manutenção a intervir, conforme o tipo de avaria. A equipa de manutenção é chamada ao local para uma análise mais detalhada da avaria e identificação dos materiais necessários, procedendo depois à sua requisição no armazém de manutenção. Caso os técnicos de manutenção da empresa não tenham capacidade para resolver a avaria, o responsável dos SM solicita a reparação externa (subcontratação), por norma, ao fabricante do equipamento.

Após a reparação da avaria, efetua-se o registo na respetiva Ficha de Intervenção (IM004).

No **Apêndice I** encontra-se representado o fluxograma do processo de desencadeamento e execução de uma ação corretiva.

## 4.2 Registo e gestão da informação

A gestão da informação relativa às atividades de manutenção é realizada num sistema informático em Microsoft Office Access, que consiste num sistema de gestão de base de dados.

O sistema informático em Access foi desenvolvido internamente, pelo atual responsável do departamento de Manutenção, através da adição de macros e programação em VBA (*Visual Basic for Applications*). O programa foi desenvolvido em 1997, em função das necessidades da empresa, pela adição e melhoria de funcionalidades até obter um produto final desejável.

Atualmente, o programa informático contém as seguintes secções:

- Fornecedores;
- Artigos;
- Compras;
- Equipamentos;
- Intervenções;
- Preventiva.

As secções mais usadas pelos departamentos de M e SM são: Artigos, Equipamentos, Intervenções e Preventiva. As restantes secções são utilizadas maioritariamente pelo departamento de Aprovisionamentos.

De entre os colaboradores dos departamentos de M e SM, o sistema informático é apenas utilizado pelo responsável do departamento de M, pelos 2 engenheiros eletrotécnicos do departamento dos SM e pelo Fiel de Armazém. Os técnicos de manutenção não têm acesso ao sistema informático.

No âmbito da manutenção, este sistema permite registar e armazenar informação – registo dos equipamentos e registo das intervenções corretivas, preventivas e de melhoria – e auxiliar na gestão da informação relativa ao planeamento da manutenção preventiva e à gestão e controlo de *stocks* do armazém da manutenção.

#### 4.2.1 Registo dos equipamentos

Todos os equipamentos e infraestruturas são registados no sistema informático. O registo visa a atribuição de um nome ao equipamento ou infraestrutura e sua inserção num dos 24 sectores alvo de manutenção (**Anexo II**) ou, em caso de necessidade, a criação de um novo sector. O nome atribuído ao equipamento consiste, na maioria dos casos, na designação atribuída pelo fabricante. No sistema informático não é feito o registo do equipamento em relação às suas características: código, ano de aquisição, modelo, etc. Essas informações estão apenas disponíveis nos *dossiers* ou Fichas técnicas dos equipamentos, disponíveis no departamento dos SM, o que dificulta o seu acesso fácil e rápido.

#### 4.2.2 Planeamento da manutenção preventiva

As instruções de trabalho de manutenção preventiva de cada equipamento e infraestrutura sujeito a este tipo de intervenção, que têm descritas as ações a realizar e a respetiva periodicidade, estão registadas no sistema informático. Com base na periodicidade definida nas ITs, é elaborado o Plano Anual de Manutenção Preventiva. Esse planeamento fica disponível no sistema informático, sob a forma de uma listagem, com a indicação da data de execução, o equipamento sujeito a intervenção e o estado da intervenção (concluído ou não).

O Plano Anual de Manutenção Preventiva (IM014), gerado pelo sistema informático, consiste num documento com as seguintes informações:

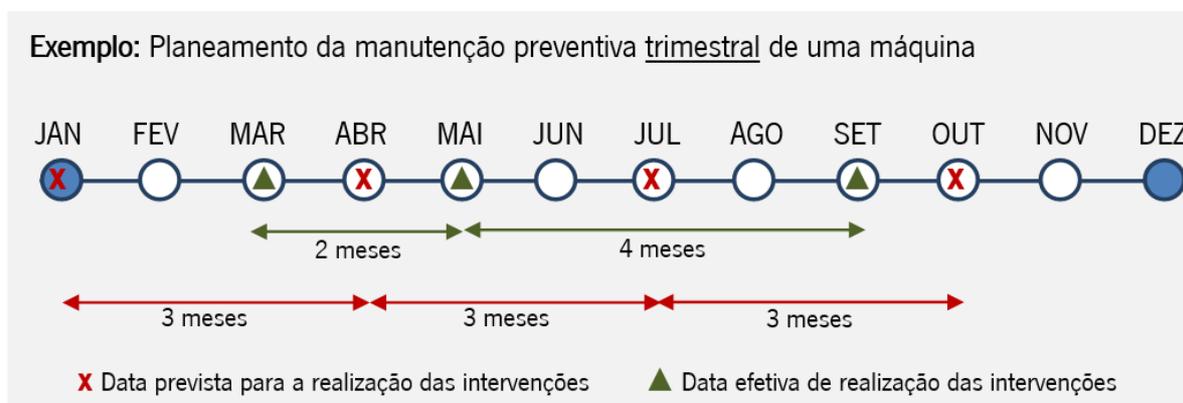
- **Data:** diz respeito à data em que deverá ser realizada a intervenção, no formato <dia/mês/ano>;

- **Sector:** corresponde a um dos 24 sectores alvo de manutenção, ao qual o equipamento pertence (Anexo II);
- **Equipamento:** equipamento alvo de manutenção;
- **Tipo de Intervenção:** corresponde ao tipo de intervenção a realizar, isto é, se é uma intervenção diária, semanal, mensal, trimestral, semestral, anual, bianual ou tetranual;
- **Duração:** corresponde ao prazo para conclusão da intervenção, para que não seja dado o incumprimento ao plano de manutenção.

Em relação à *Duração*, a empresa considera que cada intervenção deverá ser realizada até à data da próxima intervenção, i.e., se uma intervenção for mensal, terá 30 dias para ser concluída, se a intervenção for trimestral, terá 90 dias para ser concluída, seguindo a mesma lógica para as restantes periodicidades.

Assim, de acordo com o conceito aplicado pela empresa, é interpretado que a tolerância para a conclusão da intervenção corresponde ao período de tempo subjacente à periodicidade, o que traduz uma incorreta interpretação do conceito de periodicidade. A periodicidade deve ser vista como o intervalo de tempo entre intervenções consecutivas e não como o tempo que se dispõe para concluir cada intervenção. Esta incorreta interpretação leva a atrasos na realização das intervenções, que se traduzem, por sua vez, em momentos cujas intervenções preventivas ocorrem com intervalos de tempo inferiores ao suposto e outros em que ocorrem com intervalos de tempo superiores ao suposto.

Para exemplificação desta problemática, a **Figura 12** mostra uma *timeline* com um exemplo das datas previstas de execução da manutenção preventiva trimestral de uma máquina.



**Figura 12** – Esquematização de apoio à explicação da duração das intervenções preventivas.

Neste exemplo, se for considerado que a duração para conclusão da intervenção corresponde à periodicidade, então cada intervenção terá 90 dias (3 meses) para ser concluída. Supondo que as intervenções estão previstas nas datas assinaladas com uma *cruz*, mas na realidade foram realizadas nas datas assinaladas com um *triângulo*, é possível notar que, entre os meses de março e maio, a periodicidade entre intervenções acaba por ser inferior ao que seria suposto (2 meses em vez de 3 meses). Por outro lado, entre os meses de maio e setembro, a periodicidade entre intervenções é superior ao suposto (4 meses em vez de 3 meses).

Em suma, não há um controlo eficiente da gestão das intervenções de manutenção preventiva, devido a uma inadequada definição do planeamento, no que diz respeito ao prazo definido para a conclusão das atividades preventivas.

As instruções de trabalho de manutenção preventiva estão localizadas junto ao respetivo equipamento, de modo a serem facilmente acedidas por todos os técnicos e operadores que realizam as intervenções de manutenção preventiva. Cada instrução de trabalho tem associadas *checklists* para a marcação das ações que foram realizadas, a data de realização e a rúbrica do funcionário, também localizadas junto do equipamento. O responsável dos SM deve assegurar o cumprimento das ações das ITs, através da verificação das *checklists* correspondentes.

As informações contidas nas ITs englobam o equipamento alvo de manutenção, as periodicidades, as ações a realizar, o responsável pela realização das ações (Operador ou Manutenção), o equipamento a utilizar e os materiais necessários. Carecem, no entanto, de informações relativas a precauções de segurança e ambientais, como recomendado por Cabral (2013) e de acordo com um dos pilares do TPM: Segurança e meio ambiente (Nakajima, 1988). As ITs não contêm também a indicação sobre a duração prevista das ações, nem imagens ilustrativas das ações a realizar, o que poderia auxiliar os funcionários a realizar as intervenções, minimizar os enganos associados e facilitar na formação de novos funcionários.

#### 4.2.3 Registo das intervenções corretivas, preventivas e de melhoria

O registo de cada uma das intervenções de manutenção é efetuado numa Ficha de Intervenção (IM004), gerada pelo sistema informático, e que tem uma estrutura comum para os três tipos de intervenção realizadas. Apenas as intervenções realizadas pelos técnicos internos de manutenção (manutenção de 2º nível) ou por entidades subcontratadas, são registadas nas Fichas de Intervenção. As intervenções preventivas diárias e semanais executadas pelo operador (manutenção de 1º nível) são apenas registadas nas *checklists*, localizadas junto ao equipamento, ou seja, não são registadas no sistema informático.

No caso da manutenção preventiva, o sistema informático vai gerando automaticamente as Fichas de Intervenção de acordo com o Plano Anual da Manutenção Preventiva, emitindo as fichas com as periodicidades definidas no plano. As fichas são emitidas pelo sistema com uma determinada periodicidade fixa, independentemente da data de realização da última intervenção.

O responsável dos SM, assim que efetua a programação semanal das atividades de manutenção preventiva, imprime as Fichas de Intervenção respetivas e procede à sua distribuição pelos técnicos de manutenção que ficaram afetos às atividades, informando-os sobre os trabalhos que ficaram responsáveis por realizar em cada dia da semana. As Fichas de Intervenção impressas ficam disponíveis no departamento dos SM, sendo colocadas num armário com gavetas, em que cada gaveta corresponde a um dos 24 sectores alvo de manutenção (**Anexo II**). A Ficha de Intervenção será colocada na gaveta corresponde ao sector onde a intervenção de manutenção será realizada. Quando o técnico de manutenção termina a intervenção, deve deslocar-se ao departamento dos SM e preencher a Ficha de Intervenção respetiva. Como as Fichas de Intervenção estão centralizadas no departamento dos SM, cada técnico faz-se acompanhar por um documento pessoal onde vai registando as intervenções que realiza e os tempos associados, para registar posteriormente nas Fichas de Intervenção respetivas. Para as intervenções corretivas e de melhoria, o processo de registo segue a mesma lógica, ou seja, cada técnico regista no seu documento pessoal as intervenções e os tempos associados, deslocando-se depois ao departamento de SM para efetuar o registo nas Fichas de Intervenção respetivas, que foram entregues pelo responsável dos SM.

Na Ficha de Intervenção, devem ser preenchidas as seguintes informações:

- **Descrição:** para as atividades de manutenção preventiva, identifica-se o tipo de intervenção em relação à periodicidade (e.g., trimestral, mensal). Para as atividades de manutenção corretiva e de melhoria, identifica-se a avaria detetada e a melhoria a efetuar, respetivamente;
- **Tipo de Intervenção:** identifica se é uma intervenção preventiva, corretiva ou de melhoria;
- **Sector e Equipamento:** indicação do equipamento alvo de manutenção e respetivo sector onde o mesmo se localiza;
- **Data:** diz respeito à data em que a ficha de intervenção foi emitida, no formato <dia/mês/ano>;
- **Número da ficha de intervenção:** corresponde ao número da Ficha de Intervenção que foi emitida (sequencial);
- **Materiais utilizados e respetiva quantidade:** indicação dos materiais utilizados na intervenção de manutenção e respetivas quantidades;

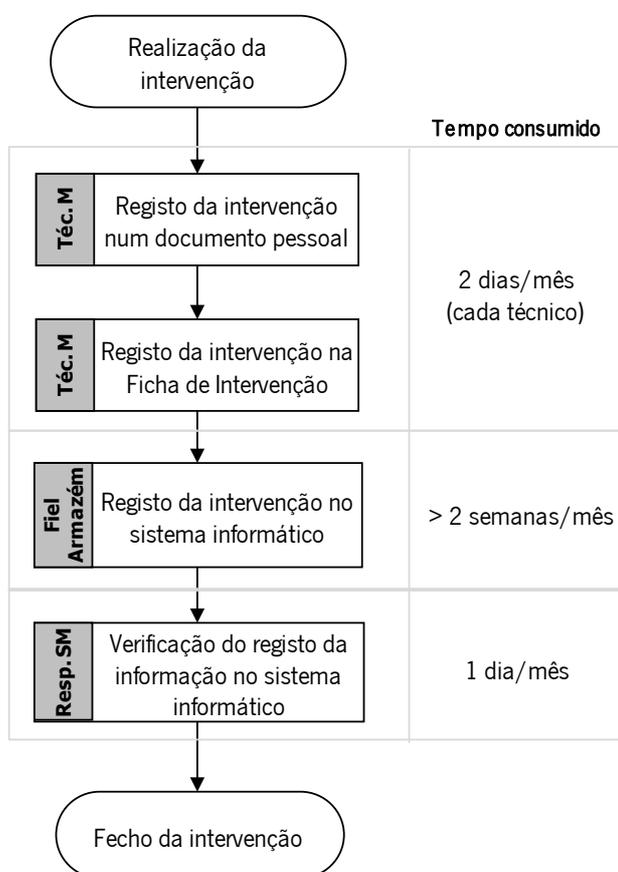
- **Tempos de manutenção:** indicação dos funcionários que realizaram a intervenção, respetiva data de realização e hora de início e fim. Estes tempos englobam os tempos totais de manutenção em que há envolvimento de um ou mais intervenientes em atividades de manutenção, incluindo os tempos de logística (e.g., deslocação ao armazém para ir buscar peças) mas descontando os tempos administrativos (e.g., intervalo do almoço) e, no caso da manutenção corretiva, descontando os tempos de espera;
- **Período de imobilização do equipamento para manutenção:** corresponde aos tempos de indisponibilidade/paragem do equipamento devido a avarias, com perda de produção (imobilização forçada) e sem perda de produção, com indicação da data de paragem e hora de início e fim. Estes tempos são apenas aplicáveis nos casos em que a intervenção não possa ser realizada com o equipamento a desempenhar a sua função.

Quando os técnicos terminam de realizar as intervenções de manutenção e efetuam o registo nas Fichas de Intervenção impressas, os dados dessas fichas necessitam de ser introduzidos no sistema informático. Essa introdução é realizada manualmente, pelo Fiel de Armazém. O responsável dos SM deve posteriormente verificar se todas as Fichas de Intervenção foram corretamente inseridas no sistema informático.

Como é possível verificar, o atual sistema de registo das intervenções de manutenção apresenta algumas limitações, nomeadamente no que diz respeito à fiabilidade da informação recolhida sobre os tempos de manutenção e os períodos de imobilização, visto que a precisão do registo da hora de início e fim depende sempre do rigor do técnico de manutenção que procede ao preenchimento da ficha impressa. Além disso, o registo desses tempos é primeiramente efetuado no documento pessoal de cada técnico, sendo só depois transferidos para as Fichas de Intervenção, o que se torna propício a erro humano. Por estes motivos, a medição dos tempos para posterior monitorização do desempenho do sector da manutenção não é realizada da forma mais adequada. Além disso, para proceder ao tratamento da informação, é necessário introduzir os dados das Fichas de Intervenção no sistema informático, o que requer disponibilidade humana, visto que se trata de uma introdução manual. A falta de automatização no registo, além de consumir muito tempo aos RH da manutenção, torna-se também propício a erro humano, o que contribui ainda mais para questionar a fiabilidade da informação utilizada para monitorização do desempenho. Mais ainda, a ausência de automatização no processo de registo limita a recolha de informação em tempo real, ou seja, a informação disponível no sistema informático estará sempre desatualizada, visto que a introdução dos dados das Fichas de intervenção não é efetuada

imediatamente após a realização da intervenção. Tal significa que o sistema informático não permite visualizar em tempo real qual o estado das intervenções, ou seja, quais as intervenções de manutenção que estão a ser realizadas num determinado instante de tempo e aquelas que já foram concluídas.

A **Figura 13** mostra o fluxo do processo de registo das intervenções de manutenção e os tempos consumidos pelos RH da manutenção, em cada mês, no registo e controlo da informação relativa às intervenções de manutenção. Os tempos foram fornecidos pelo responsável dos SM, que monitorizou as atividades de registo das intervenções de manutenção durante o período de um mês, permitindo assim uma estimativa razoável.



Legenda: **Téc. M** - Técnico de Manutenção; **Resp. SM** - Responsável Serviços Manutenção

**Figura 13** – Fluxograma do processo de registo das intervenções de manutenção.

Tendo em conta as práticas de trabalho em Portugal, estima-se que cada colaborador trabalha 212 dias/ano, 8 horas/dia (Pinto, 2013). De acordo com esta estimativa, e considerando os tempos indicados no fluxograma da **Figura 13**, é possível estimar a percentagem de tempo que os RH da manutenção consomem no registo e controlo da informação das intervenções de manutenção, como se observa no gráfico da **Figura 14**. Pela análise do gráfico, é possível constatar que o caso mais crítico é o

do fiel de armazém, que consome mais de metade do seu tempo (57%) no registo de informações. Observa-se também que cada um dos 13 técnicos consome cerca de 11% do seu tempo no registo das intervenções e que o responsável dos SM consome cerca de 6% do seu tempo de trabalho na verificação da introdução da informação e no arquivo dos registos.

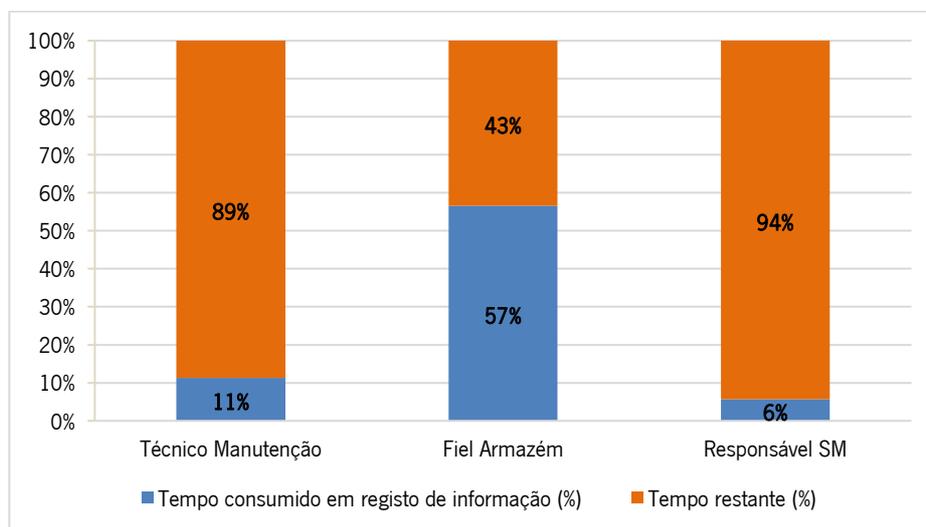


Figura 14 – Gráfico dos tempos consumidos no registo e controlo das intervenções de manutenção.

#### 4.2.4 Gestão e controlo de *stocks* do armazém da manutenção

A gestão de *stocks* do armazém da manutenção é realizada pelo fiel de armazém, que é responsável pela receção, organização e entrega de material. A requisição interna dos materiais é registada no impresso *Gestão de Materiais* (IM903/1), com indicação da data, código do material, quantidade, sector de destino, equipamento/infraestrutura de destino, o número da Ficha de Intervenção correspondente à intervenção onde o material será utilizado e a rúbrica de quem procedeu à requisição.

Os *stocks* mínimos dos materiais são definidos em função das quantidades mínimas indispensáveis, tendo em conta a criticidade do material e os históricos de utilização, através de uma abordagem qualitativa, com base na experiência dos responsáveis dos departamentos de M e SM. O fiel de armazém fica responsável por verificar, no sistema informático, as quantidades de cada material relativamente aos *stocks* mínimos, e averiguar a necessidade de encomenda. Caso seja necessário encomendar material, deve efetuar uma requisição interna, que requer autorização do responsável dos SM, seguido da aprovação pelo departamento de Aprovisionamentos.

No armazém de manutenção, os materiais encontram-se organizados em caixas empilháveis e prateleiras, catalogados de acordo com um código interno, definido pelos SM. Os códigos iniciam-se

todos por “SM”, para fazer referência a *Serviços de Manutenção*, seguido de um número sequencial (e.g., SM001, SM002, SM003, etc.).

No processo de controlo e gestão de *stocks* foram também identificadas algumas limitações. No que diz respeito ao processo de registo, verificou-se que, por vezes, no momento da requisição, o campo referente ao número da Ficha de Intervenção não é preenchido no instante em que o material é requisitado. Isto acontece principalmente nos casos em que ocorre uma avaria e quando a Ficha de Intervenção é gerada somente após já se ter dado início à requisição dos materiais necessários para reparar a avaria, tendo em conta que a reparação no menor tempo possível é a prioridade. Contudo, nesses casos, o técnico que requisitou o material tem que voltar ao armazém da manutenção no final da reparação para completar o registo da requisição, o que, além de dificultar o fluxo de trabalho, poderá ser propício a erros ou esquecimentos. A identificação correta do número da Ficha de Intervenção associada ao material requisitado é de extrema importância, por questões de rastreabilidade e para monitorizar as quantidades de material utilizadas em cada equipamento, informação essencial para a definição e revisão dos *stocks* mínimos.

Além disso, à semelhança do que acontece no registo das intervenções de manutenção, o fiel de armazém introduz manualmente as informações relativas às requisições no sistema informático, o que requer disponibilidade humana e é suscetível a erro. A introdução dos dados no sistema informático não é feita logo após a requisição ter sido concluída, o que leva a que os *stocks* estejam permanentemente desatualizados no sistema informático. Por norma, há um desfasamento médio de 1 mês entre o registo da requisição no impresso (em papel) e o registo no sistema informático. A desatualização dos *stocks* de materiais no sistema informático é crítica para a empresa, visto que acontece com frequência considerar-se que um material ainda está disponível em *stock*, quando na prática já não está, o que causa encomendas tardias de material e atrasos na realização das intervenções por indisponibilidade dos materiais, comprometendo assim a eficiência produtiva. Deste modo, o sistema informático não está a auxiliar devidamente na gestão dos *stocks*.

### 4.3 Indicadores de desempenho

O sistema de avaliação de desempenho da manutenção é constituído por sete indicadores de desempenho, agrupados em dois objetivos, como indicado na **Tabela VI**.

Tabela VI – Descrição, fórmula de cálculo e metas definidas para os indicadores atuais.

Indicador	Descrição	Fórmula cálculo	Meta anual estabelecida (Ano 2018)
<b>Garantir a eficiência do processo</b>			
Horas de RH em manutenção preventiva	Contabiliza o total de horas consumido pelo pessoal interno da manutenção em atividades de manutenção preventiva, nos 24 sectores alvo de manutenção, incluindo os tempos de logística, mas descontando os tempos administrativos.	$\sum \text{Horas de RH em manutenção preventiva}$	NA
Horas de RH em manutenção corretiva	Contabiliza o total de horas consumido pelo pessoal interno da manutenção em atividades de manutenção corretiva, nos 24 sectores alvo de manutenção, incluindo os tempos de logística, mas descontando os tempos administrativos.	$\sum \text{Horas de RH em manutenção corretiva}$	NA
Horas de RH em manutenção de melhoria	Contabiliza o total de horas consumido pelo pessoal interno da manutenção em atividades de manutenção de melhoria, nos 24 sectores alvo de manutenção, incluindo os tempos de logística, mas descontando os tempos administrativos.	$\sum \text{Horas de RH em manutenção de melhoria}$	NA
<b>Disponibilizar as condições e os recursos necessários</b>			
Desvio ao cumprimento do plano de manutenção preventiva	Contabiliza o número de intervenções preventivas não realizadas, em relação ao número total de intervenções preventivas planeadas, definidas no Plano Anual de Manutenção Preventiva. Considera-se que uma intervenção é dada como não realizada sempre que não tenha sido concluída até à data da próxima intervenção. Os desvios ao plano de manutenção são determinados para os 24 sectores existentes.	$(\text{Número de intervenções preventivas não realizadas} / \text{Número de intervenções preventivas planeadas}) \times 100$	$\leq 4\%$
Paragens de equipamentos por avaria com perda de produção	Contabiliza o total de horas de paragem dos equipamentos com perda de produção, nos 24 sectores, decorrente das intervenções de manutenção corretiva.	$\sum \text{Horas de paragem dos equipamentos com perda de produção}$	< 175 horas
Paragens de equipamentos por avaria sem perda de produção	Contabiliza o total de horas de paragem dos equipamentos sem perda de produção, nos 24 sectores, decorrente das intervenções de manutenção corretiva.	$\sum \text{Horas de paragem dos equipamentos sem perda de produção}$	Em análise
Número de intervenções de manutenção de melhoria	Consiste no número de intervenções de manutenção de melhoria, realizadas nos 24 sectores alvo de manutenção.	$\sum \text{Número de intervenções de manutenção de melhoria}$	> 70

Apesar de se utilizar, de uma forma genérica e simplificada, a designação de indicadores de desempenho, apenas o “Desvio ao cumprimento do plano de manutenção preventiva” é que é, na prática, considerado um indicador de desempenho, pois resulta da combinação de duas medidas de desempenho: o número de intervenções preventivas não realizadas num determinado período de tempo e o número total de intervenções preventivas planeadas nesse mesmo período de tempo. Os restantes, apesar de designados indicadores de desempenho são, na prática, medidas de desempenho.

Os indicadores são calculados num suporte complementar em Excel, a partir dos dados recolhidos pelo sistema informático. O cálculo dos indicadores é realizado com uma frequência mensal, ficando a cargo do responsável dos SM, que reporta mensalmente os resultados à Direção da Qualidade.

Os 4 indicadores associados ao objetivo estratégico “Disponibilizar as condições e os recursos necessários” estão definidos no âmbito do SGQ e, além de serem calculados mensalmente, são também calculados com uma periodicidade anual, para a qual estão estabelecidas metas (anuais). Destes 4 indicadores, o único que ainda não possui uma meta anual estabelecida é “Paragens de equipamentos por avaria sem perda de produção”, pelo facto de ter sido introduzido apenas há cerca de 1 ano e, como tal, a empresa considerou que ainda não existe um histórico que permita fundamentar a definição de uma meta considerada razoável. Os restantes 3 indicadores, associados ao objetivo estratégico “Garantir a eficiência do processo”, deixaram de estar incluídos no âmbito do SGQ, pelo que não têm metas estabelecidas, mas continuam a ser reportados mensalmente à Direção da Qualidade.

Para o cálculo do indicador “Desvio ao cumprimento do plano de manutenção preventiva”, considera-se que uma intervenção é dada como não realizada sempre que não tenha sido concluída até à data da próxima intervenção, o que se deve à incorreta interpretação do conceito de periodicidade assumido pela empresa, no momento de elaboração do Plano Anual de Manutenção Preventiva (discutido na secção 4.2.2).

Pela análise do sistema de avaliação de desempenho atual, é possível verificar que não existe uma relação clara entre os indicadores e o respetivo objetivo associado. Além disso, foram identificadas algumas limitações no que diz respeito à abrangência e à fiabilidade dos indicadores. Relativamente à abrangência, os indicadores definidos não permitem uma avaliação holística e global das atividades de manutenção, pois a avaliação de desempenho não abrange todas as perspetivas necessárias, como proposto por vários autores (Arts, Knapp, & Mann, 1998; Campbell, 1995; Muthu *et al.*, 2000; Parida & Chattopadhyay, 2007; Tsang, 1998, 1999) e pela norma de indicadores de desempenho da manutenção (NP EN 15341, 2009), que recomenda indicadores económicos, técnicos e organizacionais. Apesar de

nenhum dos indicadores da empresa ser exatamente igual àqueles propostos pela norma (até porque a maioria são medidas de desempenho e não indicadores), é possível perceber, por associação, que todos os indicadores da empresa são indicadores organizacionais, à exceção de “Paragens de equipamentos por avaria com perda de produção” e “Paragens de equipamentos por avaria sem perda de produção”, que são indicadores técnicos, não existindo qualquer indicador económico. Estes factos evidenciam a falta de abrangência do sistema de avaliação de desempenho atual da empresa, que foca maioritariamente aspetos organizacionais, descorando por completo os aspetos económicos.

Em concordância, de acordo com a estrutura proposta por Muchiri *et al.* (2011), é possível verificar que não existe uma distribuição adequada entre indicadores *leading* e *lagging*. Os indicadores identificados anteriormente como organizacionais são indicadores *leading*, visto que estão relacionados com os meios e pretendem monitorizar se as tarefas realizadas permitirão atingir os resultados pretendidos. Por outro lado, os 2 indicadores técnicos são *lagging*, pois são os únicos que avaliam resultados, neste caso, relativos ao desempenho dos equipamentos.

A **Tabela VII** mostra a síntese da análise dos indicadores definidos pela empresa, relativamente às perspetivas consideradas pela NP EN 15341, a sua associação à categoria do modelo proposto por Muchiri *et al.* (2011) (secção 2.7.4, **Figura 7**) e respetiva classificação como indicadores *leading* ou *lagging*.

**Tabela VII** – Análise dos indicadores de desempenho atuais para gestão da manutenção.

Perspetiva da Norma NP EN 15341	Categoria do modelo de Muchiri <i>et al.</i> (2011)	Indicador	Classificação <i>Leading/Lagging</i>
Indicador organizacional	Processo/Esforço da Manutenção (Identificação do trabalho)	Horas de RH em manutenção preventiva	<i>Leading</i>
		Horas de RH em manutenção corretiva	
		Horas de RH em manutenção de melhoria	
	Processo/Esforço da Manutenção (Execução do trabalho)	Desvio ao cumprimento do plano de manutenção preventiva	
Número de intervenções de manutenção de melhoria			
Indicador técnico	Resultados da Manutenção (Desempenho do equipamento)	Paragens de equipamentos por avaria com perda de produção	<i>Lagging</i>
		Paragens de equipamentos por avaria sem perda de produção	

Além do sistema de indicadores ser pouco abrangente, verificou-se também que a sua fiabilidade é questionável. Como explicado anteriormente, as limitações no processo de registo de informação condicionam a qualidade da informação recolhida para o cálculo dos indicadores. Isto verifica-se para os indicadores que requerem a medição de tempos, nomeadamente, as horas de RH nos diferentes tipos de intervenção e as paragens dos equipamentos, com perda de produção e sem perda de produção. Mais ainda, outro dos fatores que limita a fiabilidade dos indicadores, relaciona-se com o método pelo qual são calculados. Como já foi referido, o cálculo dos indicadores requer a introdução dos dados do sistema informático num ficheiro em Excel, sendo necessários cálculos auxiliares adicionais, o que se torna um processo facilmente propício a erro humano. Este fator traduz-se numa baixa automatização do método de cálculo dos indicadores. De acordo com Cabral (2013), um sistema informático de gestão da manutenção deve funcionar como um sistema de análise, que faz a computação de indicadores expressivos das atividades de manutenção. Dessa forma, o próprio sistema informático deveria ser capaz de calcular os indicadores de desempenho, o que não se verifica neste caso.

O facto de se recorrer a medidas de desempenho, em vez de indicadores de desempenho, torna os resultados mais facilmente suscetíveis a oscilações e torna mais difícil a definição de metas realistas, obrigando a uma revisão mais cuidada das mesmas, o que constitui outra das limitações deste sistema de avaliação de desempenho.

#### 4.4 Avaliação do nível de maturidade da gestão da manutenção

Partindo da informação anteriormente descrita e analisada, procedeu-se à avaliação do nível de maturidade da gestão da manutenção.

A análise anteriormente efetuada permitiu identificar os principais problemas e desperdícios, em linha com as práticas da filosofia *Lean Management* e o pilar de melhorias específicas do TPM. Partindo dessa análise, pretende-se identificar ações para melhoria das práticas de gestão da manutenção. Para tal, a avaliação do nível de maturidade servirá como um meio para avaliar o posicionamento da empresa face aos níveis de maturidade de gestão da manutenção de classe mundial e, dessa forma, auxiliar a determinar as ações mais adequadas à realidade da empresa. Desta forma, a avaliação do nível de maturidade completa a análise anterior.

A avaliação do nível de maturidade foi efetuada com recurso ao modelo proposto por Oliveira e Lopes (2019) (**Anexo I**). De seguida, encontram-se descritas as considerações relativas a cada uma das classes do modelo, tendo por base a análise anterior e complementando com outras informações relativas à

cultura e gestão organizacional, obtidas através da observação participativa resultante da estratégia de investigação-ação.

### 1. Cultura organizacional

No decorrer do projeto, a empresa revelou uma preocupação acentuada pela implementação de melhorias contínuas nos processos e a melhoria do seu Sistema de Gestão da Qualidade, com um forte envolvimento da gestão de topo. No entanto, as mudanças instituídas são aceites com alguma relutância por parte dos intervenientes envolvidos. A comunicação das mudanças instituídas é realizada por etapas, de acordo com os níveis hierárquicos, envolvendo numa primeira fase os cargos de administração relevantes, seguido dos responsáveis dos departamentos que, por sua vez, comunicam aos seus subordinados. Por vezes, o processo de comunicação não é suficientemente eficaz e, por consequência, algumas ações não ficam devidamente consolidadas numa primeira abordagem.

### 2. Política de manutenção

Apesar de não existir uma política definida exclusivamente para a manutenção, este sector é considerado no âmbito do SGQ da empresa, através do processo *Gestão de Infraestruturas*. A organização encara a manutenção como um sector importante para atingir os objetivos estratégicos organizacionais, identificados na **Tabela VI** aqueles que se associam à manutenção. Além disso, existe uma preocupação em analisar o impacto e o alinhamento destes objetivos estratégicos com alguns fatores da política da qualidade, por exemplo, *Promover a inovação e o desenvolvimento técnico e tecnológico a todos os níveis*.

A empresa, ao ter a noção do papel da manutenção para a prossecução dos objetivos estratégicos e garantia da eficiência produtiva, procura atuar preventivamente, ao realizar atividades de manutenção preventiva sistemática, através do plano de manutenção preventiva. Contudo, não tem implementada a manutenção preventiva condicionada, que seria importante para maximizar a disponibilidade dos equipamentos e a produtividade. Apesar disso, é evidenciada a preocupação com a realização de intervenções de melhoria nos equipamentos, o que confirma a preocupação em atuar preventivamente, antes da falha ocorrer.

### 3. Gestão de Desempenho

Existem 7 indicadores definidos para avaliação do desempenho do sector da manutenção, descritos e analisados na secção 4.3. Conforme determinado, este conjunto de indicadores não é suficientemente abrangente para permitir uma visão holística das atividades de manutenção (considerando aspetos

organizacionais, técnicos e económicos). Além de pouco abrangente, a sua fiabilidade é questionável e verifica-se um défice de indicadores *lagging*, que avaliem os resultados da manutenção, referentes ao desempenho dos equipamentos (e.g, MTBF, MTTR) e aos custos de manutenção (e.g., Custo total com pessoal da manutenção).

#### 4. Análise de Falhas (adoção de metodologias/ferramentas para análise de falhas)

Não é aplicada nenhuma metodologia ou ferramenta para análise sistemática das falhas que ocorrem e respetivas causas que possam ter estado na sua origem. São apenas analisadas as falhas com um impacto significativo, de uma forma qualitativa, sem o suporte de uma metodologia apropriada para o efeito. No entanto, os responsáveis dos departamentos de M e SM, em conjunto com outros colaboradores da produção, tiveram recentemente ações de formação para aplicação do FMEA e da metodologia 8D para análise de falhas. A empresa prevê dar início à aplicação dessas ferramentas para análise de falhas e resolução de problemas.

#### 5. Planeamento e Programação das Atividades de Manutenção Preventiva

A empresa elabora anualmente o Plano Anual de Manutenção Preventiva, conforme descrito na secção 4.2.2. A revisão do planeamento da manutenção preventiva carece de uma análise quantitativa (e.g., através da taxa de falhas ou MTBF) e baseia-se apenas nas recomendações do fabricante e na experiência dos responsáveis. A programação das atividades é realizada semanalmente e tem em consideração o planeamento da produção.

#### 6. CMMS (*Computerized Maintenance Management System*)

O programa informático que gere as atividades de manutenção consiste num sistema de gestão de bases de dados em Microsoft Access. Ou seja, a empresa não dispõe de um sistema informático especializado para a gestão da manutenção (i.e., um CMMS). O sistema atual foi elaborado em 1997 e está a tornar-se obsoleto face às exigências crescentes da empresa, particularmente pelo facto de ser um sistema pouco dinâmico e pouco flexível, que torna o processo de registo e controlo de informação demasiado burocrático e que consome muito tempo. Além disso, visto que o sistema foi desenvolvido internamente, o conhecimento da arquitetura funcional do sistema está concentrado na única pessoa que o desenvolveu, pelo que há um risco de perda de *know-how* associado. Pelos mesmos motivos, não é tirado o máximo proveito de todas as funcionalidades do sistema, visto que em muitos dos casos só quem desenvolveu o sistema é que é capaz de tirar partido das funcionalidades existentes, e tem sido a única pessoa capaz de introduzir novas funcionalidades, sempre que necessário.

O sistema atual não possui capacidade de análise nem diagnóstico, não realiza a cálculo dos indicadores de desempenho nem funciona de forma integrada com o ERP (*Enterprise Resource Planning*) empresarial.

### 7. Gestão dos *stocks*

O armazém da manutenção encontra-se devidamente organizado e todos os materiais estão catalogados com um código interno. Os *stocks* mínimos são definidos pelo responsável do departamento de M, por via de uma abordagem qualitativa, conforme descrito anteriormente. O fiel de armazém fica responsável por verificar regularmente os *stocks* e, ao comparar as quantidades atuais com os *stocks* mínimos, tendo em conta a sua perceção do consumo médio de cada material, vai avaliando a necessidade de encomenda de material. O consumo médio de cada material não é efetivamente calculado e baseia-se apenas na experiência do dia-a-dia. Como tal, a previsão futura de encomendas baseia-se numa abordagem qualitativa em relação aos padrões de consumo de cada material. Devido à ausência de uma análise quantitativa que sustente os padrões de consumo de cada material, os materiais não se encontram classificados formalmente de acordo com este critério (e.g., classificação de materiais em classes A, B e C, tendo em conta o consumo médio anual).

O que limita a eficiência da gestão dos *stocks* do armazém da manutenção está também relacionado com o processo de registo das requisições, tendo em conta que não é possível consultar os níveis atuais dos *stocks* no sistema informático, conforme descrito na secção 4.2.4.

### 8. Normalização e Controlo de Documentos

Além dos diversos dossiers técnicos dos equipamentos, devidamente armazenados no departamento dos SM, a gestão da manutenção da empresa rege-se por um conjunto de documentos normalizados e registados internamente, incluindo: IQ.### - Processo de Gestão de Infraestruturas, parte integrante do Manual Geral de Procedimentos, que define o conjunto de ações a realizar pelos intervenientes da manutenção, desde a aquisição/definição de uma infraestrutura ou equipamento (equipamento produtivo ou EMM) até à monitorização das atividades de manutenção e definição de ações; IQ.### - Registo individual de equipamento e IQ.### - Plano de Calibração/Verificação, aplicável aos EMMs; IM.### - Plano Anual de Manutenção Preventiva; IQ.### - Requisições internas de material, aplicável para levantamento da necessidade de encomenda de material, após análise dos *stocks*; IM.### - Gestão de Materiais (notas de saída), onde é efetuado o registo das requisições dos materiais do armazém de manutenção; NM.### - Instruções de Trabalho, aplicáveis às intervenções preventivas a realizar pelo operador ou pelos técnicos de manutenção; IM.### - *Checklists* de manutenção preventiva, onde é

efetuado o registo da realização das ações definidas na instrução de trabalho respetiva; IM.### - Ficha de Intervenção, onde é efetuado o registo das intervenções de manutenção.

As ITs são facilmente acessíveis, quer através do sistema informático, quer fisicamente (junto ao respetivo equipamento produtivo). As Fichas de Intervenção impressas, após serem registadas no sistema informático, são arquivadas fisicamente em dossiers, que ficam armazenados no gabinete do responsável dos SM, com indicação do ano e dos sectores nas lombadas.

### 9. Gestão de Recursos Humanos

No Manual de Funções da empresa estão descritos os requisitos mínimos para a função, tanto para os níveis hierárquicos mais elevados, como é o caso dos responsáveis dos departamentos de M e SM, como para o fiel de armazém e técnicos operacionais (eletricista, serralheiro e mecânico). Todos os colaboradores dos departamentos de SM e M têm obrigatoriamente formação nos domínios da segurança, desde as Políticas de Prevenção de Acidentes Graves (PPAG), Atmosferas Explosivas (ATEX), Plano de Emergência Interno (PEI) e Combate a Incêndio.

O responsável dos SM fica encarregue de fazer o levantamento das necessidades de formação do pessoal do sector da manutenção, comunicando-as ao departamento de Serviços de RH. Com base nesse levantamento, e considerando as necessidades dos outros sectores, o responsável dos RH elabora o Plano Anual de Formação. A avaliação da eficácia das formações que têm um impacto direto nas funções é realizada pelo responsável dos SM e pelo próprio trabalhador. Existe ainda uma matriz de competências para a função, que vai sendo atualizada continuamente.

A gestão dos RH da manutenção visa a distribuição dos técnicos operacionais por 3 turnos, o que permite a permanência constante de pessoal da manutenção entre as 7h e as 20h. Tendo em conta que o fluxo produtivo é mais abundante até às 17h, a presença de técnicos operacionais depois deste horário é importante, para realizar as intervenções preventivas planeadas de modo a não interferir com a produção. Em cada um dos 3 turnos, a equipa de técnicos apresenta competências diferentes e complementares (e.g. Turno 8h – 17h: 1 eletricista, 5 serralheiros). Além disso, a empresa tem implementada a manutenção autónoma (manutenção de 1º nível), em que operadores realizam pequenas atividades de manutenção preventiva sistemática, cumprindo um dos pilares que mais caracteriza o TPM.

### 10. Gestão de Resultados (Custos e Qualidade da Manutenção)

Não há um controlo efetivo do custo de manutenção. O controlo de custos está descentralizado do sector da manutenção, o que significa que os dados relativos aos custos (custo Homem-Hora (HH), custo de

materiais, custos de serviços subcontratados, etc.) estão centralizados no departamento responsável pelo controlo de custos, não sendo partilhados com os SM. Para um controlo de custos eficaz, o departamento de SM teria de imputar, ao departamento responsável pelo controlo de custos, dados obtidos através do sistema informático, desde dados relativos às horas de RH em intervenções de manutenção, as quantidades de cada tipo de material utilizadas em intervenções de manutenção, etc. O departamento responsável pelo controlo de custos teria posteriormente que conjugar esses dados com os valores do custo de HH e os custos de cada material, a fim de calcular os custos totais de manutenção e os custos associados a cada equipamento/linha produtiva/sector. Tal não está a ser concretizado atualmente devido à dificuldade de integração dos dados relativos às atividades de manutenção, centralizados no sistema informático dos SM, com os dados relativos aos custos, centralizados no ERP empresarial.

Em relação à qualidade da manutenção, não existem dados suficientes para avaliar a recorrência de falhas. Contudo, em relação às perdas de produção, o indicador “Paragens de equipamentos por avaria com perda de produção” permite estimar o tempo improdutivo de um equipamento na consequência de uma avaria. No entanto, os resultados deste indicador não são alvo de uma análise sistemática, a fim de determinar as causas e as consequências da avaria. Além disso, não é calculado o tempo médio de reparação (MTTR), que seria também importante para avaliar a qualidade da manutenção.

Com base neste diagnóstico, a **Tabela VIII** apresenta a avaliação do nível de maturidade atual da gestão da manutenção da empresa, tendo em conta os níveis definidos pelo modelo proposto por Oliveira e Lopes (2019). Convém realçar que os níveis de cada classe e sua descrição se encontram pré-estabelecidos de acordo com o referido modelo. Apesar da abrangência do modelo, cada empresa tem as suas particularidades, o que leva a que a atribuição de um nível de 1 a 5 nem sempre seja fácil de objetivar. Neste caso, essa situação verificou-se na classe de Gestão de Desempenho, para o qual se atribuiu o nível 2, tendo em conta que o sistema de indicadores da manutenção da empresa incide maioritariamente numa única perspetiva, a perspetiva organizacional, com um défice de indicadores técnicos e a ausência de indicadores económicos. Na descrição do nível 2 é dado ênfase ao facto do sistema de indicadores incidir nos indicadores técnicos, enquanto que o nível 3 refere a incidência nos indicadores técnicos e económicos e o nível 4 refere a incidência nos indicadores técnicos, económicos e organizacionais. Assim, atribuiu-se o nível 2 pelo facto de o sistema de indicadores atual incidir maioritariamente numa perspetiva, que não é a perspetiva técnica, mas sim a perspetiva organizacional. Mais ainda, o nível 3 pressupõe que sejam calculados indicadores ao nível da linha de produção e do equipamento, enquanto que o nível 2 não exige o cálculo ao nível do equipamento. Na empresa em

estudo, o cálculo dos indicadores é feito para toda a produção, para todos os 24 sectores alvo de manutenção, mas não é realizado o cálculo ao nível do equipamento. Contudo, convém realçar que o nível 2 refere que os indicadores de desempenho são calculados esporadicamente, o que não se verifica neste caso, visto que os indicadores são calculados periodicamente, todos os meses. Para uma classificação mais justa e realista, deveria ser atribuído um nível entre 2 e 3, mas o modelo só prevê a atribuição de valores inteiros.

**Tabela VIII** – Modelo de maturidade atual da gestão da manutenção da empresa.

Classes de medidas	Nível atual	Status atual
Cultura organizacional	2	Mudanças são aceites com relutância. Identificada a necessidade de melhoria contínua, mas ainda não adotada. Limitado trabalho em equipa.
Política de Manutenção	3	Manutenção é considerada importante para atingir os objetivos da organização. Atuação da manutenção de forma preventiva com vista ao aumento de produtividade e redução de custos.
Gestão de Desempenho	2*	Indicadores de desempenho calculados esporadicamente, com incidência nos indicadores técnicos determinados para toda a produção ou/e ao nível da linha de produção.
Análise de Falhas	1	Análise de falhas sem método definido, realizada quando ocorrem falhas com impacto significativo.
Planeamento e Programação das Atividades de Manutenção Preventiva	3	Planeamento realizado com base nos manuais do fabricante, abrangendo todos os equipamentos. Atrasos e ações programadas não concluídas.
CMMS	3	Sistema informático para planeamento e controlo da manutenção, com algumas funções não utilizadas, não integrado com os demais sistemas informáticos da empresa.
Gestão dos <i>stocks</i>	2	Materiais classificados com base num único critério (e.g., preço ou padrão de consumo). Necessidade prevista com base no histórico de consumo.
Normalização e Controlo dos Documentos	3	Documentação de equipamentos e de processos organizada. A maioria dos processos e atividades normalizados, mas não revistos.
Gestão de Recursos Humanos	4	Plano de desenvolvimento de competências alinhado com as necessidades da área. Colaboradores polivalentes, com envolvimento dos colaboradores da produção em certas atividades.
Gestão de Resultados (Custos e Qualidade da Manutenção)	2	Custo elevado e sem controlo, com ações empreendidas esporadicamente para redução do desperdício e reincidência de falhas.

\* A atribuição deste nível encontra-se devidamente fundamentada

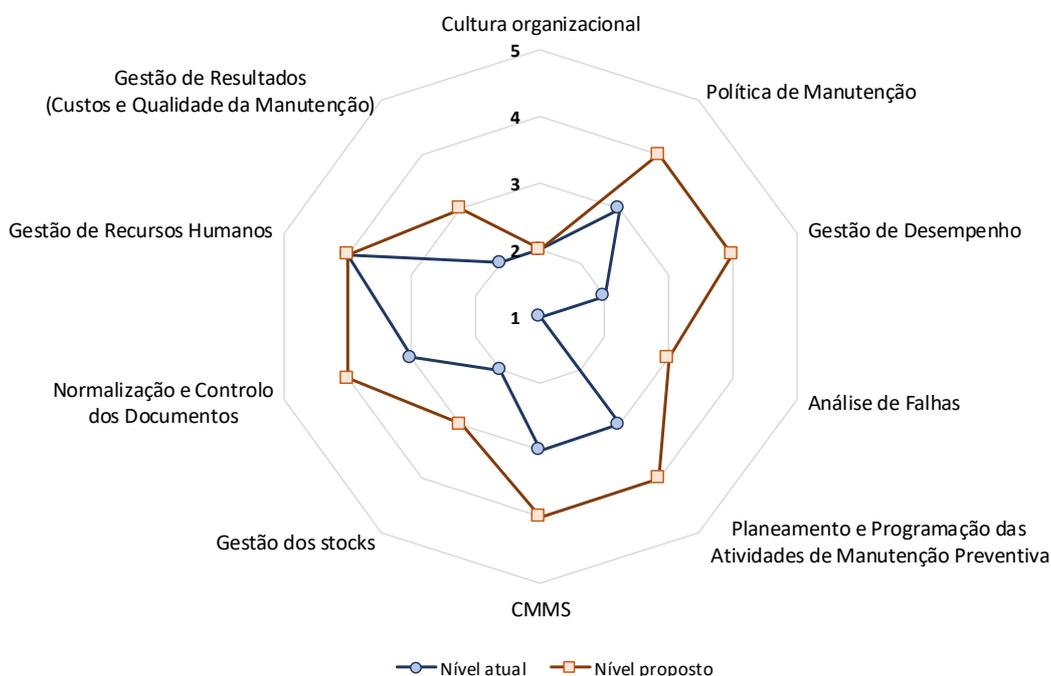
Decorrente da avaliação do nível de maturidade da gestão da manutenção da empresa, será possível identificar ações a implementar para cada um dos problemas identificados durante a análise do estado atual da manutenção, permitindo à empresa melhorar as suas práticas de gestão da manutenção.

## 5. APRESENTAÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DE AÇÕES DE MELHORIA

No capítulo anterior realizou-se o diagnóstico do estado atual da gestão da manutenção da empresa, o que permitiu identificar os principais problemas e desperdícios. A avaliação do nível de maturidade serviu como um meio para a identificação das ações de melhoria a implementar, que serão apresentadas e discutidas neste capítulo.

### 5.1 Ações de melhoria identificadas

Os principais problemas identificados na fase de diagnóstico encontram-se listados na **Tabela IX**, bem como a(s) classe(s) do modelo de maturidade relacionada(s) e possíveis ações que os possam colmatar e, nesse sentido, permitam aumentar o nível de maturidade da gestão da manutenção da empresa. Prevê-se que a implementação efetiva e bem-sucedida destas ações permitirá aumentar, no mínimo, os níveis de maturidade para os valores indicados no gráfico da **Figura 15**, em que é possível observar a comparação entre os níveis de maturidade atuais (atribuídos na secção 4.4) e os níveis de maturidade propostos com a implementação das ações.



**Figura 15** – Níveis de maturidade da gestão da manutenção da empresa, atuais e propostos.

Tabela IX – Identificação dos principais problemas da manutenção e ações a implementar.

Problema identificado	Classes do modelo de maturidade	Ação
O sistema informático atual, além de carecer de poder de análise e diagnóstico, torna o processo de registo das intervenções de manutenção demasiado demorado e não permite o registo de informação em tempo real.	CMMS	Aquisição de sistema informático especializado de gestão da manutenção (CMMS)
O registo das intervenções de manutenção não é feito diretamente no sistema informático, o que dificulta a verificação em tempo real do estado das intervenções.	CMMS	
A quantificação dos custos de manutenção não é realizada, por dificuldade na integração de dados do sistema informático da manutenção com informações relativas aos custos, que estão armazenadas no ERP empresarial.	CMMS Gestão de Desempenho Gestão de Resultados	
A fiabilidade da informação recolhida para avaliação do desempenho é questionável.	CMMS Gestão de Desempenho	Implementação de um sistema de código de barras para registo dos tempos de manutenção com recurso a cartões identificativos
O conjunto de indicadores de desempenho é pouco abrangente, visto que foca essencialmente fatores organizacionais, descorando os fatores técnicos e económicos.	Gestão de Desempenho	Implementação de um Sistema de Avaliação de Desempenho que incorpore indicadores técnicos, económicos e organizacionais;  Suporte por parte de um CMMS.
A revisão do planeamento da manutenção preventiva não é sustentada por uma análise quantitativa, baseada em evidências, i.e., com recursos a indicadores de desempenho (e.g., taxa de falhas, MBTF, indicadores económicos) ou por via de uma análise de fiabilidade.	Planeamento e Programação das Atividades de Manutenção Preventiva Gestão de Desempenho	

Problema identificado	Classes do modelo de maturidade	Ação
<p>Não há um controlo eficaz da gestão das intervenções de manutenção preventiva, visto que as tolerâncias definidas para a conclusão das intervenções cobrem o intervalo de tempo até à data da próxima intervenção, o que poderá ser crítico para as intervenções com periodicidades maiores (desde a mensal, trimestral, semestral, anual, bianual ou tetranual), podendo verificar-se, nesses casos, atrasos significativos na realização das intervenções.</p>	<p>Planeamento e Programação das Atividades de Manutenção Preventiva</p>	<p>Definição de um prazo mais apertado para a conclusão das intervenções de manutenção preventiva</p>
<p>As precauções de segurança e ambientais não são reforçadas na execução das atividades de manutenção, o que seria importante para a prevenção de acidentes de trabalho e danos ambientais, como previsto pela filosofia TPM.</p>	<p>Política de Manutenção</p>	<p>Inclusão das precauções de segurança e ambientais nas Instruções de Trabalho de manutenção preventiva</p>
<p>A gestão dos <i>stocks</i> do armazém da manutenção é pouco eficiente (<i>stocks</i> desatualizados no sistema informático e registo pouco automatizado).</p>	<p>Gestão dos <i>stocks</i></p>	<p>Implementação de um sistema de código de barras para gestão dos <i>stocks</i>; Método de classificação de peças para auxiliar a sua gestão.</p>
<p>Não é realizada uma análise sistemática das falhas que ocorrem nos equipamentos, envolvendo o trabalho em equipa da produção e da manutenção, de modo a identificar melhorias que possam aumentar a produtividade, reduzir os custos e melhorar a qualidade.</p>	<p>Análise de falhas Cultura organizacional Política de manutenção</p>	<p>Introduzir a utilização de metodologias para análise das falhas e sua prevenção (FMEA e 8D)</p>
<p>A organização, arrumação e limpeza dos postos de trabalho dos técnicos de manutenção não é a mais adequada.</p>	<p>Cultura organizacional</p>	<p>Implementação da metodologia 5S</p>

A implementação da totalidade das ações propostas na **Tabela IX** requer tempo, disponibilidade humana e investimento financeiro. Como tal, foi feito o escalonamento da implementação das ações ao longo do tempo, definindo ações de curto, médio e longo prazo. Este escalonamento não se prende com a importância de cada ação, mas sim com o esforço e exigência requeridos para a sua implementação. Por exemplo, como ação de longo prazo tem-se a aquisição de um sistema informático especializado de gestão da manutenção (CMMS). Apesar de ser uma ação prioritária para a empresa, foi definida como ação de longo prazo porque o processo de seleção de um CMMS é uma tarefa morosa, que requer uma análise exaustiva dos CMMSs existentes no mercado e, idealmente, o parecer de especialistas em gestão da manutenção, para que se trate de uma escolha bem fundamentada e com elevado valor acrescentado.

Como ações de médio prazo, tem-se:

- Implementação de um sistema de código de barras para registo dos tempos de manutenção com recurso a cartões identificativos;
- Implementação de um sistema de código de barras para gestão dos *stocks*;
- Método de classificação de peças para auxiliar a sua gestão;
- Implementação de um Sistema de Avaliação de Desempenho que incorpore indicadores técnicos, económicos e organizacionais;
- Implementação da metodologia 5S.

Como ações de curto prazo tem-se:

- Definição de um prazo mais apertado para a conclusão das intervenções de manutenção preventiva;
- Reforço das precauções de segurança e ambientais nas Instruções de Trabalho de manutenção preventiva;
- Introduzir a utilização de metodologias para análise das falhas e sua prevenção (FMEA e 8D).

Nem todas estas ações vão ser tratadas no âmbito deste trabalho, como é o caso da implementação da metodologia 5S e a introdução da utilização de metodologias para análise de falhas e sua prevenção (FMEA e 8D). Relativamente a esta última, a empresa optou recentemente (janeiro de 2019) por investir na formação em FMEA e 8D, ministradas aos responsáveis do sector da manutenção e da produção. Os responsáveis já iniciaram a implementação do FMEA para alguns equipamentos alvo de manutenção, apesar de se tratar de uma implementação incipiente que ainda não foi amplamente disseminada. A implementação da metodologia 5S está prevista para o final do ano de 2019/início de 2020. As ações de 5S irão incidir sobre a oficina mecânica, onde os técnicos de manutenção realizam as atividades de

apoio à manutenção, bem como nas áreas produtivas da empresa, P1, P2 (T1 e T2) e P3. Pretende-se que a limpeza dos postos de trabalho dos técnicos de manutenção, assim como das zonas produtivas onde os mesmos realizam as intervenções de manutenção, melhore a eficiência com que os mesmos realizam as tarefas, reduzindo os tempos de manutenção, os tempos de reparação e os tempos de paragem (com e sem perda de produção).

A ação que visa a definição de um prazo mais apertado para a conclusão das intervenções de manutenção preventiva consiste numa ação imediata. A definição de uma tolerância mais apertada para a execução das intervenções, permitirá garantir uma gestão mais eficaz do planeamento das intervenções de manutenção preventiva e, conseqüentemente, uma medição mais realista do desvio ao cumprimento do plano de manutenção preventiva. Para tal, foi proposto que cada intervenção fosse concluída no prazo máximo de 1 mês após a data prevista, para as intervenções com periodicidades superiores à mensal, desde a trimestral, semestral, anual, bianual ou tetranual, de modo a evitar atrasos na realização das atividades.

As restantes ações serão abordadas e discutidas no âmbito deste trabalho, nas secções que se seguem.

## 5.2 Sistema de registo das intervenções de manutenção

Como referido anteriormente, o método para monitorização dos tempos dos RH nas diversas atividades de manutenção (preventiva, corretiva e de melhoria) e dos períodos de imobilização para manutenção (paragens de equipamentos), não permite uma recolha de dados fiável, o que limita a eficiência do processo de avaliação do desempenho através dos indicadores associados.

De acordo com o diagnóstico elaborado no capítulo anterior, é possível sintetizar os fatores que contribuem para questionar a fiabilidade da informação recolhida:

- Registo dos dados não é feito diretamente na Ficha de Intervenção, sendo utilizado primeiramente outro suporte (documento pessoal de cada técnico);
- Registo dos dados é efetuado em campos de preenchimento livre (precisão do registo da hora de início e fim depende sempre do rigor do técnico de manutenção);
- Os dados das Fichas de Intervenção precisam de ser introduzidos manualmente no sistema informático para proceder ao cálculo dos respetivos indicadores.

Para tal, discutiu-se uma possível forma de contornar este problema, através da automatização do processo de registo. Assim, através de um *Brainstorming* com os responsáveis da manutenção, a responsável da qualidade e a responsável do ambiente e segurança da empresa, foi proposta a

implementação de um sistema de código de barras para registo dos tempos de manutenção (preventiva, corretiva e de melhoria). Essa solução visa a atribuição de um cartão identificativo, com um código de barras inscrito, a cada técnico de manutenção. Cada Ficha de Intervenção passaria a ter também um código de barras único. Deste modo, através de um leitor de código de barras, para registo dos tempos de manutenção, o técnico passará a proceder da seguinte forma:

- Assim que pretende dar início à intervenção, o técnico passa o seu cartão no leitor de código de barras com relógio incorporado, seguido da leitura do código de barras da Ficha de Intervenção. Com isto, a data e hora de início da intervenção será automaticamente registada;
- Quando a intervenção terminar, o técnico volta a passar o cartão no leitor de código de barras, sem ler a Ficha de Intervenção. Nesta fase, a data e hora de fim da intervenção fica automaticamente registada;
- Sempre que a intervenção for interrompida por algum motivo (e.g., pausa para café, almoço), o técnico deve passar o cartão no leitor de código de barras, sem ler a Ficha de Intervenção. Quando pretender retomar a intervenção, deve repetir o procedimento inicial, i.e., passar o seu cartão no leitor de código de barras, seguido da leitura do código de barras da Ficha de Intervenção;
- Se o técnico estava a efetuar uma intervenção e teve que parar para dar início a uma outra intervenção, deve passar o cartão no leitor de código de barras e, de seguida, efetua a leitura do código de barras da nova Ficha de Intervenção (o programa irá assumir que o técnico saiu de uma intervenção e entrou imediatamente noutra).

De acordo com a literatura, existem casos muito bem-sucedidos com este automatismo (Cabral, 2013), que permite registar com rigor os tempos de manutenção. Por ser um método tão eficaz, aparece por vezes como uma funcionalidade integrada nos CMMSs. Visto que a monitorização dos tempos de manutenção é um fator impreterível para a gestão de topo da empresa, esta característica será crítica e decisiva no processo de análise dos CMMSs existentes no mercado e posterior seleção do mais adequado (secção 5.4).

O sistema de código de barras para registo dos tempos de manutenção permite melhorar a fiabilidade da informação recolhida para o cálculo dos indicadores das horas de RH nos diferentes tipos de intervenção (**Tabela VI**), visto que o registo dos tempos de manutenção passa a ser efetuado de forma automática e diretamente no sistema, deixando de depender do rigor do técnico que proceder ao registo.

Permite, desta forma, colmatar as causas que levavam a uma baixa fiabilidade da informação recolhida relativa aos tempos dos RH nas diversas atividades de manutenção.

Motivada por esta necessidade de introduzir um sistema de código de barras para o registo dos tempos de manutenção, foi idealizado um novo sistema de registo das intervenções de manutenção, substancialmente mais ágil, eficaz, completo e amigável, que apenas será plenamente conseguido através da implementação de um CMMS, visto que o sistema informático atual da empresa não o permite. Pretende-se que o novo sistema de registo das intervenções de manutenção permita que os técnicos registem diretamente as intervenções no sistema informático e, simultaneamente, que automatize o processo de registo, de modo a que os RH da manutenção fiquem disponíveis para atividades de maior valor acrescentado. Será também importante que esse sistema possibilite o registo de informações que até então não eram registadas, desde informações relativas à descrição das avarias (sintoma, causa, subsistema e componente), que servirão como *inputs* relevantes para uma análise sistemática das avarias, e dados relativos aos tempos de reparação, que serão utilizados para o cálculo do MTTR, que é um dos indicadores técnicos que se pretende introduzir para analisar a eficiência da equipa de manutenção. Para registo destas informações, surgiu a necessidade de alterar a Ficha de Intervenção, de modo a que passe a incorporar os campos de preenchimento indicados na **Figura 16**. No momento de implementação do CMMS, a Ficha de Intervenção (tipicamente designada como ordem de trabalho) será parametrizada, na medida do possível, de acordo com estas características pretendidas.

Pretende-se que as Fichas de Intervenção passem a estar disponíveis em formato digital e que sejam facilmente acedidas pelos técnicos de manutenção a partir de qualquer sector da empresa que seja alvo de manutenção. Como tal, pretende-se que fiquem disponíveis digitalmente num dispositivo móvel, mais particularmente, em *tablets* industriais, devido à sua resistência e facilidade de transporte.

As novas informações que se pretendem incluir na Ficha de Intervenção encontram-se enumeradas na **Figura 16** e a sua relevância será explicada de seguida.

**1. Código de barras:** Cada Ficha de Intervenção terá o seu código de barras único, que será idealmente gerado de forma automática pelo sistema, assim que cada ficha for emitida. Este código será utilizado para registo dos tempos de manutenção e respetivas datas de realização da intervenção, pelo que foi possível eliminar da Ficha anterior o campo referente aos tempos de manutenção, cujo registo era efetuado manualmente e agora será realizado com recurso a um leitor de código de barras.



Com este tipo de código, será possível adotar uma estrutura para codificação das fichas de intervenção, de acordo com a seguinte lógica:

“Tipo de intervenção – Sector – N° da Ficha”

Para o tipo de intervenção, será apenas indicada a inicial correspondente, i.e., se é uma intervenção preventiva, atribui-se a letra “P”, se é uma corretiva, atribui-se a letra “C” e, se é de melhoria, atribui-se a letra “M”. De seguida, será indicado o sector alvo de manutenção, seguido do número sequencial da ficha de intervenção.

Por exemplo, supondo que a ficha de intervenção com o número 100 corresponde a uma intervenção preventiva a decorrer no sector de águas e saneamento, o código de barras da ficha ficará conforme indicado na **Figura 17**.



**Figura 17** – Exemplo de código de barras de uma intervenção.

**2. Descrição da avaria:** Pretende-se sistematizar o processo de registo das avarias, através de um conjunto expressivo de *sintomas, causas, subsistemas e componentes*. Esta informação funcionará como um *input* para a análise sistemática das avarias que ocorrem, auxiliando na elaboração dos FMEAs e permitindo realizar análises de incidência das avarias e suas correlações, propondo alterações ao plano de manutenção ou melhorias no equipamento. A análise de incidência das avarias e suas correlações será útil para avaliar adequadamente a qualidade da manutenção no que diz respeito à recorrência de avarias, ou seja, avaliar se as avarias ficaram bem resolvidas à primeira intervenção ou se, pelo contrário, foi necessário intervir várias vezes para eliminar definitivamente a ocorrência da avaria (a qualidade da manutenção é avaliada numa das classes do modelo de maturidade da gestão da manutenção, utilizado no presente trabalho).

Na Ficha de Intervenção utilizada anteriormente pela empresa, existia um campo de preenchimento livre referente à *Descrição* que, nos casos da manutenção corretiva, servia para identificar a avaria detetada. Contudo, não existiam critérios definidos sobre o que incluir nessa descrição. A descrição era feita de forma muito incipiente e sem critério, o que impossibilitava a tipificação das avarias ocorridas, dificultando a sua análise posterior. Por consequência, a informação relativa à descrição das avarias não era alvo de análise por parte da empresa e não era utilizada para tomar decisões. Em resposta a esta

necessidade, foi proposta a alteração da Ficha de Intervenção de modo a que a descrição da avaria seja feita através de um conjunto padronizado de *sintomas*, *causas*, *subsistemas* e *componentes*. Cada um destes campos terá um conjunto de opções de seleção pré-estabelecidas, o que irá facilitar a análise posterior das avarias e sua incidência, evitando que as avarias sejam descritas indiscriminadamente e sem critério, como antes acontecia. Para registo das avarias neste formato, entende-se por:

- **Sintoma:** forma sob o qual se manifesta uma avaria (ou sua aproximação) e que justifica uma intervenção de manutenção (equivale ao modo de falha considerado no FMEA);
- **Causa:** o que se verificou ter originado a avaria, ou seja, o motivo que esteve na origem da ocorrência;
- **Subsistema:** a parte de determinado equipamento, em sentido lato, que originou a avaria;
- **Componente:** a parte não reparável de um determinado subsistema, que originou a avaria.

O sintoma especifica-se no momento em que se faz o pedido de intervenção à manutenção. Por outro lado, a causa, o subsistema e o componente, por norma, só se conseguem diagnosticar após a intervenção, sendo que por vezes não se chega a conseguir determinar.

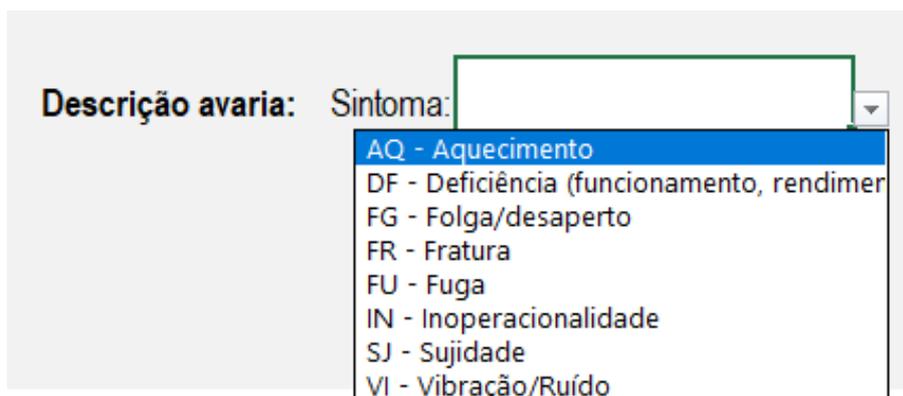
Neste caso, o objetivo da sistematização do registo das avarias consiste em evitar interpretações individuais e ambiguidades que possam existir, tendo em vista gerar informação útil para a análise sistemática das avarias que ocorrem e, dessa forma, apoiar a tomada de decisões. Contudo, é necessário garantir que a informação será sempre preenchida pelos intervenientes, que incluem o responsável dos SM e os técnicos de manutenção. Além disso, para garantir a fiabilidade da informação recolhida, devem cumprir-se algumas regras, tais como: evitar classificar indiscriminadamente as causas como “indeterminadas”. Só deverão ser classificadas como indeterminadas as causas que efetivamente sejam desconhecidas; os campos referentes ao *subsistema* e *componente* apenas poderão não ser preenchidos nos casos em que não se consiga efetivamente identificar o subsistema e/ou componente que originaram a avaria.

Na **Tabela X** encontra-se a classificação tipificada dos sintomas e causas que serão utilizados no registo das avarias, através das Fichas de Intervenção.

Para garantir que o registo das avarias com a identificação do sintoma, causa, subsistema e componente é um processo simples, rápido e intuitivo, efetuado de forma uniformizada e sem ambiguidades, foi acordado com a empresa que cada um destes campos terá opções fixas para seleção na Ficha de Intervenção, conforme mostrado na **Figura 18** a título de exemplo para o campo “Sintoma”. O detalhe dos sintomas (modos de falha) poderá ser explorado ao nível dos FMEAs de cada equipamento.

**Tabela X** – Classificação dos sintomas e causas a reportar em caso de avaria.

Sintoma		Causa	
AQ	Aquecimento	AC	Acidente/vandalismo
DF	Deficiência (funcionamento, rendimento ou produção)	AR	Falha no sistema de ar comprimido
FG	Folga/desaperto	DE	Desgaste
FR	Fratura	EN	Falha de energia (interna)
FU	Fuga	IN	Indeterminada
IN	Inoperacionalidade	HU	Falha humana/má operação
SJ	Sujidade	MN	Manutenção inapropriada
VI	Vibração/ruído	MT	Material/desenho inadequado
		SG	Causa segunda
		FR	Fratura



**Figura 18** – Visualização da apresentação do campo "Sintoma", na Ficha de Intervenção.

Os campos referentes ao *subsistema* e *componente* apresentarão um conjunto de opções consoante o tipo de equipamento alvo de manutenção. Para cada equipamento alvo de manutenção (sistema), serão identificadas as partes que poderão originar avarias (os subsistemas) e os respetivos componentes, tendo sempre o cuidado de evitar um excesso de opções disponíveis para não sobrecarregar o processo de registo.

A identificação dos subsistemas e dos componentes de cada equipamento será realizada através da análise da estrutura do equipamento, com recurso a um diagrama hierárquico em árvore. O diagrama servirá como uma ferramenta que permitirá dividir sucessivamente o sistema (equipamento) em elementos mais simples (subsistemas), que por sua vez serão decompostos até ao nível do componente.

Pretende-se que a representação da estrutura dos equipamentos com recurso a diagramas hierárquicos em árvore seja uma das funcionalidades do CMMS a adquirir. A título de exemplo, elaborou-se o diagrama em árvore para uma máquina de corte de espuma (**Apêndice II**).

**3. Identificação da instrução de trabalho, periodicidade, última data e data prevista (aplicável para manutenção preventiva):** A Ficha de Intervenção passará a ter um campo exclusivo para a manutenção preventiva, onde será feita referência à respetiva instrução de trabalho, a periodicidade, a última data de realização e data prevista para a próxima realização (em função da periodicidade estabelecida). A indicação da instrução de trabalho nas Fichas de Intervenção não era feita até então pela empresa. A prática adotada pela empresa consistia em disponibilizar a instrução de trabalho junto ao equipamento. Contudo, em algumas situações, poderá ser relevante que os técnicos de manutenção tenham acesso às instruções de trabalho antes de iniciarem a intervenção, nomeadamente nos casos em que pretendam: esclarecer eventuais dúvidas relacionadas com as precauções de segurança e ambientais e os Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) necessários (estas informações não eram contempladas nas ITs mas foram introduzidas após implementação das ações de melhoria decorrentes do presente trabalho); confirmar que os materiais necessários indicados na instrução de trabalho estão concordantes com aqueles previstos na Ficha de Intervenção, etc.. Por estes motivos, é necessário que as instruções de trabalho venham também identificadas na Ficha de Intervenção, o que possibilita o seu acesso prévio que, por sua vez, permitirá uma melhor preparação dos técnicos para a intervenção, evitando deslocações repetidas ao equipamento para verificar o que está descrito nas mesmas. Por consequência, a intervenção tornar-se-á mais eficiente e a probabilidade de ocorrência de acidentes de trabalho poderá ser reduzida, em linha com os objetivos da manutenção (Muchiri *et al.*, 2011).

Deste modo, para dar resposta a esta necessidade, os técnicos vão passar a ter acesso às instruções de trabalho a partir dos *tablets* industriais que lhes forem disponibilizados, por via do CMMS a implementar, para que possam consultá-las a qualquer altura.

No que se refere aos restantes campos (periodicidade, última data e data prevista), considerou-se relevante a sua inclusão nas Fichas de Intervenção para que os técnicos de manutenção saibam a data prevista para realização da intervenção. Até ao momento, a Ficha de Intervenção utilizada pela empresa possuía um campo referente à data, que corresponde à data em que o responsável dos SM imprime a referida ficha do sistema informático. No entanto, não era feita referência à data prevista de realização da intervenção. Deste modo, a introdução deste campo na Ficha de Intervenção permitirá ao técnico de manutenção saber exatamente quando foi realizada a última intervenção, a periodicidade e a data

prevista para a realização da intervenção, evitando atrasos na execução das mesmas. Pretende-se que estas informações sejam preenchidas automaticamente pelo CMMS a implementar, de cada vez que cada Ficha de Intervenção é gerada.

**4. Materiais previstos/utilizados:** Pretende-se que a Ficha de Intervenção passe a ter a indicação dos materiais previstos a utilizar, nos casos em que se trate de uma intervenção preventiva e de melhoria. Tendo em conta que a manutenção preventiva é previamente planeada e pressupõe uma sequência de ações previstas nas instruções de trabalho, pretende-se fazer um levantamento dos materiais necessários e respetivas quantidades a utilizar em cada tipo de intervenção com uma determinada periodicidade, para cada equipamento alvo de manutenção. O objetivo é que essa informação fique registada no CMMS a implementar e que, de cada vez que cada Ficha de Intervenção é gerada, a listagem dos materiais previstos seja automaticamente preenchida pelo sistema informático. Deste modo, já não será necessário o registo manual dos materiais utilizados, de cada vez que se realiza uma intervenção de manutenção preventiva, como antes acontecia. Assim, a indicação dos materiais previstos permitirá, por um lado, eliminar o tempo consumido no registo dos materiais utilizados na manutenção preventiva e, simultaneamente, torna o processo de requisição dos materiais no armazém da manutenção mais eficiente, podendo reduzir o tempo de espera (MWT) devido à identificação clara e objetiva dos materiais necessários e respetivas quantidades. Caso se verifique uma alteração nos materiais previstos, o técnico de manutenção deverá incluir as alterações na Ficha de Intervenção (e.g., adicionar outro material que não estava previsto, mas foi utilizado). Para as intervenções de melhoria, o responsável dos SM deverá indicar os materiais previstos a utilizar no momento em que gera a Ficha de Intervenção no sistema informático.

Para as intervenções corretivas, será preenchido neste campo a listagem de todos os materiais utilizados e respetiva quantidade. Os técnicos de manutenção poderão preencher esta informação nos *tablets* ao seu dispor, de forma fácil e rápida. Pretende-se que estes campos funcionem com opções de seleção, i.e., as informações relativas ao “código” e “descrição” do material terão disponíveis um conjunto de opções correspondente à listagem de todos os materiais existentes no armazém, permitindo ao técnico selecionar rapidamente os materiais que foram utilizados e indicar as respetivas quantidades.

**5. Tempo de reparação:** Pretende-se incorporar o MTTR como um indicador para avaliação do desempenho do sector da manutenção. Como tal, reconheceu-se a necessidade de começar a monitorizar os tempos de reparação em cada intervenção de manutenção corretiva, tendo-se optado por adicionar este campo à Ficha de Intervenção. Desta forma, este campo apenas será preenchido para as

intervenções de manutenção corretiva. Novamente, o seu preenchimento será realizado a partir dos *tablets* que serão disponibilizados aos técnicos de manutenção.

Este novo sistema de registo das intervenções de manutenção, apesar de já estar idealizado e planeado, só será colocado em prática na sua totalidade no momento de aquisição de um CMMS. A sua implementação apresenta vantagens a vários níveis, a destacar:

- O aumento da fiabilidade da informação recolhida para cálculo dos indicadores atuais. No que diz respeito à monitorização dos tempos dos RH nas diferentes atividades de manutenção, o sistema de código de barras permitirá um registo automático e rigoroso. Para os restantes tempos (tempos de imobilização e tempos de reparação), o registo irá ser efetuado diretamente no sistema informático, o que também contribui para o aumento da fiabilidade da informação recolhida (não existe transferência sucessiva de informação entre vários suportes, como antes se verificava);
- Melhoria da análise sistemática das avarias que ocorrem e análise de incidência das avarias e suas correlações, através da sistematização do processo de registo das avarias, pela identificação de um conjunto tipificado de “sintoma, causa, subsistema e componente” na Ficha de Intervenção;
- Melhoria do controlo dos prazos para conclusão das intervenções, através da indicação da data prevista de realização na Ficha de Intervenção, o que contribuirá para evitar atrasos nas intervenções;
- Aumento da eficiência do processo de requisição dos materiais no armazém da manutenção, o que poderá permitir reduzir os tempos de espera, através da identificação prévia dos materiais previstos a utilizar nas intervenções de manutenção preventiva (identificação na Ficha de Intervenção);
- Melhoria da avaliação do desempenho do sector da manutenção, pela inclusão do registo dos tempos de reparação, que serão registados diretamente no sistema informático pelos técnicos de manutenção e posteriormente utilizados para o cálculo do MTTR (novo indicador);
- Redução do tempo consumido pelos RH da manutenção em processos de registo e controlo da informação. Estimou-se que o tempo consumido pelos técnicos de manutenção sofre uma redução de 75% em relação ao processo de registo anterior. O fiel de armazém passa a ser

dispensável no processo de registo e, por fim, o responsável de SM reduz em 50% o tempo consumido (ver **Apêndice III** para mais detalhes).

### 5.3 Sistema de gestão e controlo dos *stocks* do armazém da manutenção

#### 5.3.1 Registo dos materiais e requisições

Decorrente da análise do estado atual da gestão da manutenção da empresa, verificou-se que o sistema de gestão e controlo dos *stocks* do armazém da manutenção apresenta algumas limitações, tendo revelado ser pouco eficiente, pelo facto do registo estar pouco automatizado, o que leva a que os *stocks* fiquem desatualizados no sistema informático, e também devido ao facto de não existir um método de classificação de peças para auxiliar a sua gestão (e.g., classificação de materiais tendo com conta o consumo médio anual).

Como tal, considerou-se que a implementação de um sistema de código de barras seria uma medida pertinente para tornar mais eficaz o controlo e gestão dos *stocks* do armazém da manutenção.

Assim, foi feita uma análise das várias soluções existentes no mercado. A solução identificada como a mais promissora consiste numa tecnologia que funciona com recurso a um *software* simples de gestão de *stocks*, incorporado num terminal móvel, que permite automatizar as atividades de gestão de *stocks* através da leitura de códigos de barras. Esse sistema poderá ser parte integrante do módulo de gestão de *stocks* do CMMS a adquirir pela empresa (que poderá estar incluído ou exigir um investimento adicional) ou, em alternativa, poderá ser um sistema complementar que funcione de modo integrado com o CMMS.

Existem vários tipos de termináveis móveis. Neste caso, visto que o terminal móvel será utilizado em contexto industrial, optar-se-á por um terminal robusto e resistente com teclado, como aquele representado na **Figura 19**.



**Figura 19** – Terminal móvel para gestão dos *stocks*.

Pretende-se que o sistema incorporado no terminal móvel possa ser facilmente parametrizado pela empresa, que deve definir os campos que considera pertinente registar aquando da requisição de material. Neste caso em particular, considerou-se que as informações a registar assim que é realizada a requisição de um material no armazém são as seguintes:

- Código do material;
- Data e hora da requisição;
- Quantidade requisitada;
- Equipamento de destino onde o material será utilizado;
- Ficha de Intervenção onde o material será utilizado;
- Técnico que procedeu ao pedido de requisição.

Além de registar as requisições, este sistema deverá registar também as entradas de material no armazém, registando o código do material e a quantidade que deu entrada.

Este sistema deverá ainda permitir criar, para cada material, uma ficha de produto com a inclusão das informações que se considerar relevantes, neste caso, a descrição do material, o valor médio unitário (em €), o *stock* mínimo definido e, no caso das peças de reserva, a criticidade para o processo produtivo (e.g., vital, essencial, desejável). Deste modo, conforme as requisições vão sendo efetuadas, e à medida que é dada a entrada de material no armazém, o sistema vai atualizando em tempo real a listagem dos materiais disponíveis em *stock*, com indicação da quantidade atual disponível em *stock* e o respetivo *stock* mínimo. O sistema deverá realizar a comparação automática das quantidades atuais com os *stocks* mínimos, emitindo alertas.

Através da análise das soluções existentes no mercado que recorrem a esta tecnologia para o controlo e gestão de *stocks*, foi identificado um sistema especializado para esta finalidade e que cumpre com os requisitos pretendidos acima supracitados. A verificação do cumprimento dos requisitos pretendidos foi realizada através do contacto com a empresa fornecedora desta tecnologia, nomeadamente no que diz respeito à integração dos dados num sistema informático de gestão da manutenção. O sistema identificado permite registar os dados das requisições num terminal móvel, num ficheiro facilmente importável para outros sistemas informáticos, incluindo o sistema informático atual da empresa ou outro CMMS que venha a ser adquirido. Contudo, convém realçar novamente que, após análise dos CMMSs existentes no mercado (secção 5.4), a empresa poderá optar por adquirir o módulo de gestão de *stocks* do CMMS que venha a implementar, caso permita cumprir os mesmos requisitos deste sistema e caso

seja economicamente mais viável. Caso contrário, a empresa irá optar por adquirir este sistema especializado para o controlo e gestão de *stocks*, integrando-o com o CMMS a adquirir.

Idealmente, para tirar o máximo proveito desta tecnologia, garantindo que a sua implementação permitirá aumentar substancialmente a eficiência da gestão dos *stocks* do armazém da manutenção, será necessário:

- A aquisição de 2 terminais móveis, um para o responsável dos SM e outro para o fiel de armazém. Será necessário um terminal móvel para o fiel de armazém, visto que é quem efetua o registo de todas as requisições solicitadas, e outro para o responsável dos SM, para que possa acompanhar em tempo real as requisições e quantidades dos materiais em *stock*;
- A identificação dos materiais do armazém com uma etiqueta de código de barras;
- A identificação de cada equipamento com uma etiqueta de código de barras, criando uma listagem global disponível no armazém da manutenção.

Além destes elementos, é necessário que cada Ficha de Intervenção tenha um código de barras único, bem como cada técnico tenha o seu cartão identificativo com um código de barras único (esta necessidade já tinha sido motivada anteriormente, a propósito da implementação do sistema de código de barras para registo dos tempos de manutenção – ver secção 5.2).

Com este novo sistema de gestão dos *stocks*, a requisição de material passa a efetuar-se da seguinte forma:

1. O técnico de manutenção desloca-se ao armazém da manutenção e solicita a requisição do material. Para tal, faz-se acompanhar do seu cartão identificativo e da Ficha de Intervenção (disponível no *tablet*) correspondente à intervenção onde o material será utilizado;
2. Com recurso ao terminal móvel, o fiel de armazém efetua a leitura do código de barras da Ficha de Intervenção e, em seguida, do código de barras do cartão identificativo do técnico. Nesta fase é registado no terminal móvel a Ficha de Intervenção onde o material será utilizado e o técnico de manutenção que procedeu à sua requisição;
3. De seguida, depois de verificar na Ficha de Intervenção quais os materiais previstos a utilizar (para a manutenção preventiva e de melhoria), o fiel de armazém efetua a leitura do código de barras da etiqueta do material a requisitar e digita a quantidade requisitada através do terminal móvel (normalmente expressa em número de unidades retiradas, no entanto, em alguns casos, poderá indicar-se a quantidade requisitada noutras unidades, e.g., em quilogramas, em litros, etc.). No

momento em que efetua o *picking* do material, o sistema regista automaticamente a data e hora de requisição do material. Este procedimento será repetido para cada material a requisitar. Para a manutenção corretiva, o procedimento é semelhante, contudo, os materiais não se encontram previamente identificados na Ficha de Intervenção, pelo que deverá ser o técnico a indicar quais os materiais necessários para reparação da avaria;

4. Por fim, o fiel de armazém entrega os materiais ao técnico de manutenção e regista qual o equipamento de destino onde os materiais serão utilizados. Para tal, efetua a leitura do código de barras do equipamento, a partir da listagem disponível no armazém.

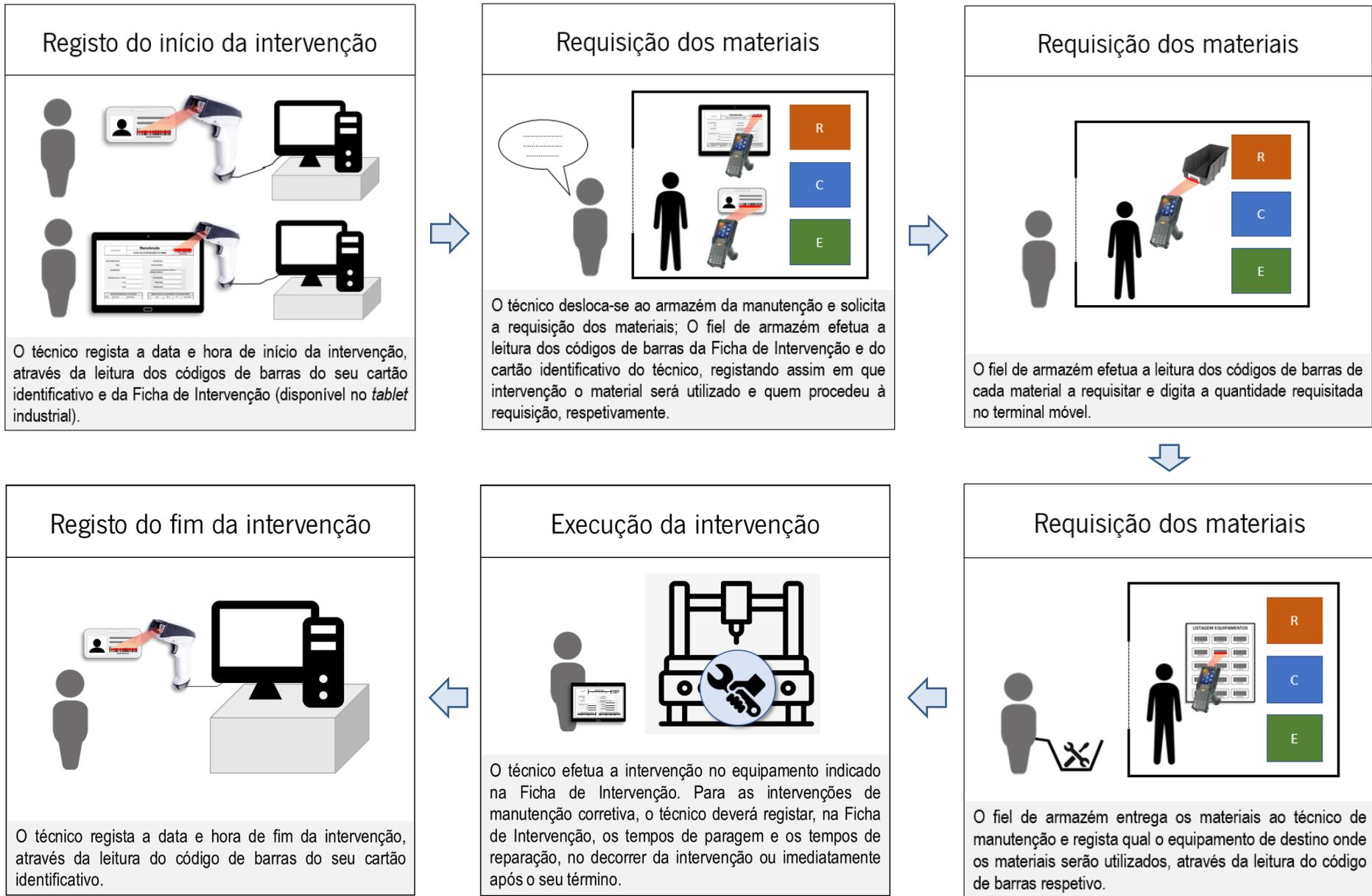
A automatização do processo de registo irá tornar o processo de gestão e controlo dos *stocks* do armazém da manutenção mais eficiente, dado que:

- **Facilita o fluxo de trabalho:** o registo da requisição é completado na sua totalidade no instante da requisição, evitando que os técnicos de manutenção tenham de voltar ao armazém da manutenção para completar informações em falta, como antes se verificava (secção 4.2.4). Com o novo sistema que se pretende implementar, a requisição só será validada se todas as informações necessárias ficarem preenchidas, incluindo a indicação da Ficha de Intervenção (por via do *picking* do código de barras), o que obriga a que estas sejam geradas antes da requisição do material. Deste modo, além deste sistema facilitar o fluxo de trabalho, funcionará também como um meio de controlo para garantir que todas as Fichas de Intervenção de manutenção corretiva são geradas e registadas no sistema informático.
- **Melhora a rastreabilidade da utilização dos materiais:** a automatização permite a identificação correta, sem erros, dos materiais que foram utilizados em cada equipamento e em cada Ficha de Intervenção, bem como a data e hora em que foram requisitados e quem procedeu à sua requisição;
- **Atualiza os *stocks* em tempo real:** a automatização permite que os *stocks* estejam permanentemente atualizados em tempo real, o que não era possível com o sistema de registo anterior (secção 4.2.4);
- **Diminui o tempo de *picking* dos materiais:** ao ser um registo automático, deixa de ser necessário o registo manual das requisições num impresso para posterior atualização dos *stocks* no sistema informático, o que torna o processo de requisição mais rápido;
- **Fornecer uma base para posterior análise de custos de manutenção:** com este sistema, é possível determinar os custos de manutenção relativos aos materiais, por tipo de material e por tipo de

equipamento. Os custos totais de manutenção associados a cada material e a cada equipamento podem depois ser fracionados pelos diferentes tipo de intervenção, i.e., intervenção preventiva, corretiva e de melhoria;

- **Auxilia na definição de um método de classificação dos materiais:** os materiais de consumo regular poderão ser classificados de acordo com a sua taxa de consumo, obtida pelo sistema, e a sua gestão pode ser feita, por exemplo, com recurso a modelos de séries temporais. As peças de reserva, por sua vez, poderão ser classificadas de acordo com vários critérios, por exemplo, a sua criticidade (para o processo produtivo) e o preço unitário, identificados na respetiva ficha de produto do sistema, e a variabilidade do consumo, obtida a partir dos registos de requisição de materiais disponíveis no sistema.

O sistema de gestão e controlo dos *stocks* do armazém da manutenção irá funcionar de modo integrado com o sistema de registo das intervenções de manutenção. A **Figura 20** visa retratar o funcionamento integrado destes dois sistemas que a empresa pretende implementar, com a identificação de cada uma das ações que o técnico de manutenção terá que efetuar desde o início ao fim de uma intervenção. Este exemplo retrata uma intervenção que não foi alvo de interrupções (e.g., pausa para café, almoço).



**Legenda:**

- R – Materiais de consumo regular;
- C – Materiais comuns;
- E – Materiais específicos

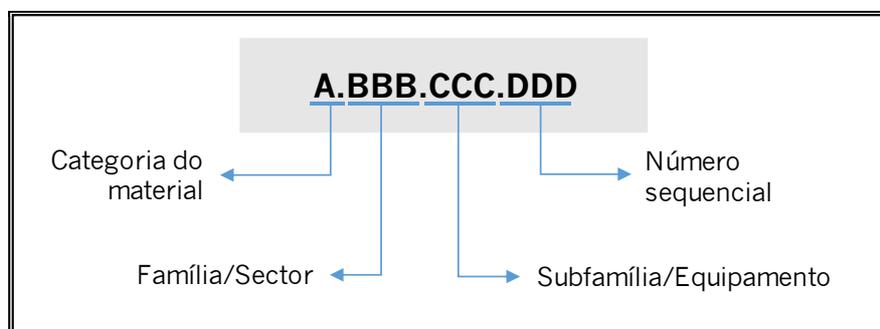
Figura 20 – Funcionamento integrado dos sistemas de registo das intervenções e gestão dos *stocks*.

### 5.3.2 Codificação dos materiais

Com a implementação deste novo sistema de gestão e controlo de *stocks*, pretende-se ainda reformular a codificação dos materiais do armazém da manutenção, facilitando a sua pesquisa no sistema, tornando-a mais rápida e intuitiva, e de modo a permitir também facilitar a sua arrumação e posterior localização no armazém da manutenção, contribuindo para tornar a gestão dos *stocks* mais eficiente.

Conforme descrito na secção 4.2.4, os materiais encontram-se catalogados de acordo com um código interno que se inicia por “SM” seguido de um número sequencial, ou seja, não é feita uma codificação diferenciada dos materiais tendo em conta a tipologia do artigo, o sector e o equipamento onde será utilizado, etc., o que dificulta a gestão dos *stocks* e sua organização no armazém da manutenção.

Como tal, pretende-se normalizar a codificação dos materiais por via de uma classificação diferenciada. Assim, optou-se por definir um código alfanumérico com 10 caracteres (**Figura 21**), que permite a classificação diferenciada de cada material de acordo com vários critérios, através de vários campos que representam um conjunto tipificado de opções. No referido código da **Figura 21**, o número de letras de cada campo representa o número de dígitos, ou seja, o campo “A – Categoria do Material” tem um dígito, e os restantes têm 3 dígitos (BBB, CCC, DDD).



**Figura 21** – Estrutura do código para classificação diferenciada dos materiais em *stock*.

Neste caso optou-se por categorizar os materiais de acordo com a sua finalidade, tendo-se definido as seguintes categorias:

- **Materiais de consumo regular (Consumíveis)** – englobam os materiais regularmente utilizados nas atividades de manutenção, desde óleos, massas lubrificantes, fusíveis, entre outros;
- **Materiais comuns** – materiais utilizados pelos técnicos de manutenção em vários equipamentos de diferentes sectores alvo de manutenção, desde parafusos, anilhas, correias, rolamentos, etc.;

- **Materiais específicos** – materiais que são utilizados exclusivamente num único sector ou num único equipamento alvo de manutenção, por exemplo, as facas e as cabeças giratórias específicas de uma determinada máquina de corte de espumas.

A **Tabela XI** apresenta o código atribuído a cada uma destas categorias de material, neste caso, com recurso a caracteres alfabéticos.

**Tabela XI** – Códigos atribuídos a "A - Categoria do Material".

A – Categoria do Material	
<b>Cód.</b>	<b>Material</b>
R	Materiais de consumo regular (Consumíveis)
C	Materiais comuns
E	Materiais específicos

No segundo campo, “BBB – Família/Sector”, os consumíveis e os materiais comuns são classificados em função da família onde se inserem. Os materiais específicos, por sua vez, são classificados em relação ao sector alvo de manutenção onde são utilizados. A **Tabela XII** representa a classificação atribuída neste campo, com a identificação de alguns elementos a título de exemplo (lista não exaustiva).

**Tabela XII** – Códigos atribuídos a "BBB – Família/Sector".

BBB - Família/Sector					
Consumíveis (família)		Comuns (família)		Específicos (sector)	
Cód.	Designação	Cód.	Designação	Cód.	Designação
001	Óleos	001	Parafusos	001	Corte flexíveis (P2 - T1)
002	Massas lubrificantes	002	Anilhas	002	Fibras 2
003	Fusíveis	003	Correias	003	Produção de flexíveis (P1)
004	Colas	004	Rolamentos	004	Oficina mecânica
005	Brocas	005	Discos abrasivos	005	Oficina auto
006	Filtros	006	Baterias	006	Ar comprimido
...	...	...	...	...	...

O campo que se segue, “CCC – Subfamília/Equipamento”, visa classificar os consumíveis e os materiais comuns em relação à subfamília onde se inserem e classificar os materiais específicos em relação ao equipamento de destino, caso sejam utilizados exclusivamente num determinado equipamento de um dos sectores.

As **Tabela XIII** (consumíveis e materiais comuns) e **Tabela XIV** (materiais específicos) mostram a classificação atribuída neste campo, em conjunto com a classificação atribuída no campo anterior (BBB) para uma melhor compreensão (lista não exaustiva).

**Tabela XIII** – Códigos atribuídos a "CCC – Subfamília/Equipamento" (consumíveis e comuns).

CCC - Subfamília/Equipamento Destino			
Consumíveis (subfamília)		Comuns (subfamília)	
Cód.	Designação	Cód.	Designação
001	Óleos	001	Parafusos
001.000	Óleo lubrificante multiusos	001.000	Parafuso sextavado
001.010	Óleo lubrificante 10W40	001.010	Parafuso máquina
001.020	Óleo transmissão	001.020	Parafuso auto atarraxante
001.030	Óleo p/ travões	003	Correias
005	Brocas	003.000	Correias lisas
005.000	Broca 2x49 mm	003.010	Correias dentadas
005.010	Broca 3x61 mm	003.020	Correias em V
005.020	Broca 4x75 mm	...	...
005.030	Broca 7x100 mm		
...	...		

**Tabela XIV** – Códigos atribuídos a "CCC – Subfamília/Equipamento" (materiais específicos).

CCC - Subfamília/Equipamento Destino	
Específicos (equipamento)	
Cód.	Designação
001.000	Corte flexíveis (P2 - T1)
001.001	Máquina de corte angular
001.002	Máquina de contornos
001.003	Máquina de corte vertical
001.004	Máquina de laminar lateral
001.005	Máquina de laminar horizontal
002.000	Fibras 2
002.001	Balança
002.002	Carda
002.003	Napador
002.004	Estufa
002.005	Máquina de embalar
...	...

Para os consumíveis e materiais comuns, optou-se por classificar as subfamílias com uma numeração folgada, i.e., com um intervalo de 10 unidades, para que seja possível adicionar eventuais subfamílias intermédias no futuro.

Para os casos em que um material específico seja utilizado em vários equipamentos de um mesmo sector, atribui-se o código “000” no campo CCC. Por exemplo, se o mesmo material for utilizado em várias máquinas do sector “Corte flexíveis (P2-T1)”, o seu código será 001.000 no que se refere aos campos BBB e CCC, respetivamente, conforme exemplificado na **Tabela XIV**. Caso um material seja utilizado em mais do que um sector, já não será classificado como material específico, mas sim como material comum.

O último campo – “DDD – Número sequencial” – visa numerar e distinguir os materiais que pertencem à mesma subfamília ou que são utilizados no mesmo sector/equipamento, caso possuam características distintas que justifiquem a sua separação física e identificação única e diferenciada. Esta diferenciação não será tão necessária para os consumíveis e para os materiais comuns, mas será imprescindível para a classificação dos materiais específicos utilizados num mesmo equipamento. Por exemplo, a máquina de contornos requer materiais específicos como é o caso de *Running wheels* de 297 mm de diâmetro, *Running wheels* de 401 mm de diâmetro e cabeças rotativas de 0,6 mm. Como tal, cada um destes materiais terá uma parte do código em comum, que se diferencia apenas no número sequencial, como mostra a **Tabela XV**.

**Tabela XV** – Classificação dos materiais específicos da manutenção da máquina de contornos.

	A Categoria	BBB Sector	CCC Equipamento	DDD Número sequencial		
	Materiais específicos	Corte flexíveis (P2 - T1)	Máquina de contornos	<i>Running Wheels</i> Ø 297 mm	<i>Running Wheels</i> Ø 401 mm	Cabeças Rotativas 0,6 mm
Cód.	E	001	002	000	001	002

Códigos completos		
<i>Running Wheels</i> Ø 297 mm	<i>Running Wheels</i> Ø 401 mm	Cabeças Rotativas 0,6 mm
E.001.002.000	E.001.002.001	E.001.002.002

A codificação dos materiais em *stock* e respetivos critérios deverão ser criteriosamente registados. Sempre que for dada a entrada de um novo material no armazém, o responsável dos SM deverá criar um código para o material (de acordo com os critérios pré-estabelecidos), registar o material no sistema de controlo e gestão de *stocks* e gerar a respetiva etiqueta de código de barras, de modo a que seja possível implementar o sistema de registo de materiais discutido anteriormente (secção 5.3.1).

O tipo de código de barras a utilizar será o código 128, à semelhança do que acontece na identificação das Fichas de Intervenção. Na **Figura 22** é mostrado, como exemplo, a etiqueta a atribuir ao material “Running Wheels Ø 297 mm”.



Figura 22 – Etiqueta com código de barras para identificação dos materiais em *stock* (exemplo).

## 5.4 Seleção do CMMS a implementar

Esta secção diz respeito ao processo de seleção do CMMS a implementar. O objetivo será apoiar a seleção do CMMS mais adequado, isto é, aquele que melhor se enquadra com as necessidades e expectativas da empresa e que é compatível com os seus constrangimentos.

A necessidade de aquisição de um sistema informático (SI) especializado para gestão da manutenção, i.e., um CMMS, surgiu na fase de diagnóstico da situação atual, em que se verificou que a eficiência da gestão da manutenção era limitada por fatores decorrentes da qualidade do sistema informático atual da empresa. Com o propósito de colmatar esta problemática, os colaboradores dos departamentos de M e SM e a gestão de topo da empresa reconheceram a necessidade de aquisição de um CMMS. Nesse sentido, a seleção do CMMS a implementar será tratada com detalhe no âmbito do presente trabalho.

Tendo em conta que os requisitos pretendidos para um sistema informático são variáveis entre empresas, a primeira etapa consiste na identificação dos requisitos do SI para gestão da manutenção, no contexto específico da empresa. De seguida, em resposta aos requisitos identificados, será efetuada uma análise dos CMMSs existentes no mercado a fim de selecionar possíveis candidatos. A técnica AHP (*Analytic Hierarchy Process*) será utilizada para selecionar o CMMS mais adequado.

### 5.4.1 Identificação dos requisitos funcionais

De modo a identificar as características funcionais pretendidas para o novo CMMS a implementar, começou-se por efetuar um diagnóstico ao sistema informático atual da empresa, através de entrevistas ao responsável dos SM e por análise do sistema em funcionamento. Os requisitos funcionais a introduzir com o novo CMMS foram estabelecidos pela conjugação dos requisitos identificados pela empresa e as melhores práticas identificadas na literatura.

O diagnóstico das funcionalidades do sistema informático atual da empresa foi realizado em relação a cada uma das funções-chave que um CMMS deve assegurar: gestão da manutenção preventiva; gestão

de ativos; gestão das ordens de trabalho; controlo e gestão de *stocks* e gestão dos relatórios (indicadores de desempenho) (Lopes *et al.*, 2016).

A **Tabela XVI** apresenta os resultados desse diagnóstico, comparando as funcionalidades do sistema informático atual com as funcionalidades do sistema informático idealizado.

**Tabela XVI** – Funcionalidades do sistema informático atual e do sistema informático idealizado.

Sistema informático atual	Sistema informático idealizado
<b>Gestão da manutenção preventiva</b> – suporte ao planeamento, programação e controlo das atividades	
Planeamento realizado por via de uma listagem das intervenções a realizar; Não faz a programação das intervenções (programação semanal num ficheiro Excel não integrado no sistema).	Planeamento e programação das intervenções através de um diagrama de Gantt.
Não permite visualizar em tempo real o estado das intervenções de manutenção (programadas, em curso, terminadas).	Controlo em tempo real do estado das intervenções, através do registo efetuado diretamente no SI, por via de dispositivos móveis.
<b>Gestão de ativos</b> – registo de todos os ativos (ou equipamentos), registo histórico das avarias e lista de peças do equipamento.	
Registo dos equipamentos não contempla todas as informações necessárias (código interno, marca, modelo, ano aquisição, peças de reserva, etc.). Essas informações estão disponíveis nos Dossiers ou Fichas técnicas dos equipamentos, em formato físico (papel).	Registo dos equipamentos com a indicação de todas as informações relevantes, através das Fichas de Equipamento (ou equivalente) pré-definidas pelo SI.
O histórico das avarias não permite uma visão global de todas as avarias que ocorreram num determinado período de tempo. Para visualizar cada uma das avarias, é necessário abrir as respetivas Fichas de Intervenção individualmente, uma a uma; Não tem integrada nenhuma metodologia ou ferramenta para análise sistemática dos modos de falha (ocorridos ou potenciais). A metodologia FMEA é aplicada através de um formulário disponível num suporte complementar em Excel.	Histórico de avarias que permita uma visão global das avarias, com indicação do equipamento e sector onde ocorreram e sua descrição (sintoma, causa, subsistema e componente, conforme descrito na secção 5.2); Visualização do equipamento num diagrama hierárquico em árvore (sistema, subsistema e componente), para identificação dos modos de falha; Metodologia FMEA integrada no SI.
<b>Gestão das ordens de trabalho</b> (neste caso, expressas sob a forma de Fichas de Intervenção) – emissão e afetação das ordens de trabalho aos técnicos de manutenção.	
Não faz a alocação das Fichas de Intervenção diretamente aos técnicos de manutenção. O responsável dos SM é quem faz a afetação dos trabalhos, ao imprimir as Fichas de Intervenção e entregando-as aos técnicos de manutenção.	Afetação das Fichas de Intervenção/ordens de trabalho diretamente aos técnicos de manutenção, conjugando a sua disponibilidade e competências técnicas (e.g., através de matriz de competências); Em caso de avaria (manutenção corretiva), deverá analisar a matriz de competências e selecionar automaticamente o técnico a intervir de acordo com a natureza da avaria.
As Fichas de Intervenção não são diretamente preenchidas no SI (são primeiramente preenchidas em papel por impossibilidade prática de disponibilização das mesmas em dispositivos móveis).	Preenchimento das Fichas de Intervenção/ordens de trabalho diretamente no SI (através de dispositivos móveis).

Sistema informático atual	Sistema informático idealizado
<b>Controlo e gestão de <i>stocks</i></b> – definição de políticas para a gestão dos materiais em <i>stock</i> , particularmente as peças de reserva.	
Não permite monitorizar em tempo real as quantidades atuais disponíveis em <i>stock</i> (registo não é feito diretamente no SI por impossibilidade prática devido à baixa automatização).	Monitorização em tempo real dos níveis atuais dos <i>stocks</i> , através da automatização do processo de registo (registo diretamente no SI).
Não está parametrizado para classificação dos materiais em <i>stock</i> de acordo com vários critérios, pelo que a sua gestão se baseia apenas na experiência dos responsáveis e sua perceção sobre a criticidade do material e o seu histórico de consumo.	Auxiliar na definição de políticas de gestão de <i>stocks</i> , permitindo classificar os materiais de acordo com vários critérios (e.g., taxa de consumo, criticidade (para o processo produtivo), preço unitário e variabilidade do consumo).
<b>Gestão dos relatórios</b> – processamento de grandes quantidades de informação e cálculo de indicadores de desempenho.	
Não calcula os indicadores de desempenho atualmente definidos pela empresa (são calculados num suporte complementar em Excel).	Cálculo e monitorização de todos os indicadores de desempenho, atuais e outros que venham a ser definidos pela empresa, de acordo com o novo sistema de medição de desempenho balanceado.
Não está parametrizado para recolha de dados que permitam calcular indicadores económicos e alguns dos indicadores técnicos mais utilizados no sector da manutenção (e.g., MTTR e MTBF); Não é realizada a análise dos equipamentos críticos de acordo com a combinação dos resultados de vários indicadores de desempenho.	Registo de dados que permitam o cálculo de todos os indicadores pretendidos, incluindo indicadores técnicos, económicos e organizacionais; Identificação dos equipamentos críticos por via de um modelo que conjugue vários indicadores de desempenho (multicritério).
Fiabilidade da informação recolhida para cálculo dos indicadores é questionável (registo pouco automatizado, não é feito diretamente no SI).	Incorporação de sistema de código de barras para registo automático dos tempos de manutenção; Disponibilização das Fichas de Intervenção em dispositivos móveis, permitindo o registo das informações diretamente no SI.

#### 5.4.2 Estrutura hierárquica e critérios de avaliação

A seleção de um CMMS não se restringe apenas à análise das suas características funcionais. Existem outros fatores não funcionais igualmente importantes e que devem ser considerados, por exemplo, fatores relacionados com o desempenho, facilidade de utilização, capacidade de integração com outros *softwares*, segurança (disponibilidade de *backups*), etc.

A estrutura hierárquica para o processo de seleção do CMMS mais adequado foi construída tendo em consideração as características funcionais e não funcionais pretendidas para o CMMS a implementar. A construção desta estrutura diz respeito à primeira etapa de aplicação da técnica AHP. Esta estrutura apresenta 4 níveis hierárquicos: o primeiro nível (superior) corresponde ao objetivo geral, i.e., a seleção do CMMS mais adequado; o segundo nível corresponde aos 5 critérios que contribuem para o objetivo; o terceiro nível corresponde aos 16 subcritérios resultantes da decomposição dos critérios e, por fim, o quarto nível (inferior) corresponde às alternativas de CMMSs que poderão ser selecionados (**Figura 23**).

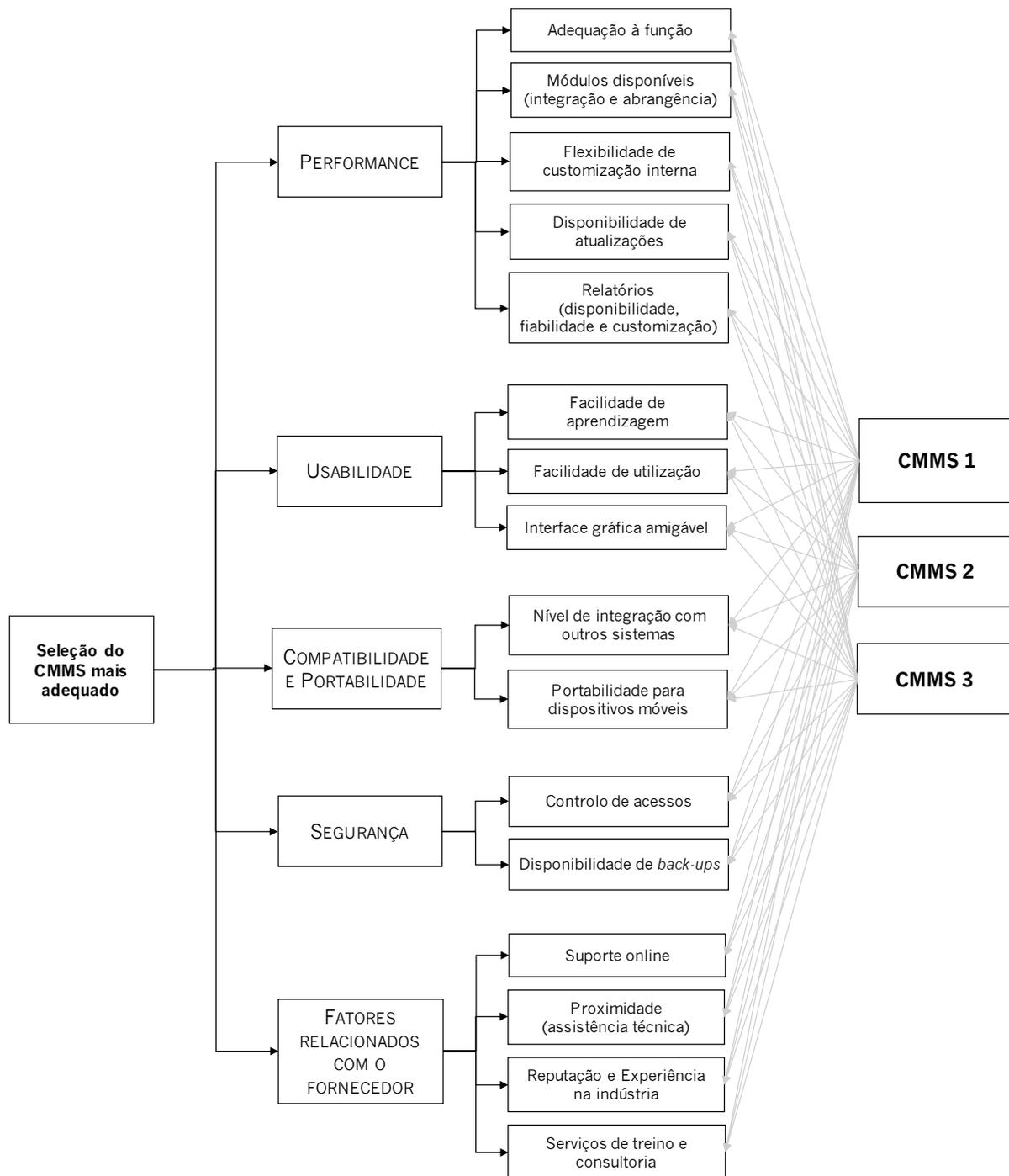


Figura 23 – Estrutura hierárquica para a seleção do CMMS mais adequado.

Os critérios e subcritérios foram definidos tendo em conta as orientações da norma relativa à avaliação da qualidade de *software* (ISO/IEC 25010, 2011) e através de uma análise da literatura a estudos semelhantes que recorreram à técnica AHP para seleção do CMMS mais adequado (Braglia *et al.*, 2006; Carnero & Novés, 2006; Durán, 2011). No **Apêndice IV** apresenta-se a descrição de cada um dos critérios e a sua relevância para a seleção do CMMS mais adequado.

#### 5.4.3 Alternativas a comparar

A seleção das alternativas de CMMSs a comparar pela técnica AHP foi realizada através de uma análise de mercado dos CMMSs comercializados em Portugal. O objetivo desta análise preliminar foi selecionar os CMMSs mais promissores e compatíveis com os objetivos da gestão da manutenção da empresa, nomeadamente no que diz respeito ao cumprimento dos requisitos funcionais identificados anteriormente e outros fatores que constam na estrutura hierárquica da **Figura 23**.

Foram analisados um total de 10 CMMSs. A incapacidade de portabilidade para dispositivos móveis foi utilizada como um fator eliminatório, pelo que os CMMSs que não dispunham desta funcionalidade foram automaticamente descartados (total de 5 CMMSs descartados). Verificou-se que as últimas versões destes 5 CMMSs foram lançadas há mais de 3 anos, o que poderá justificar a sua natureza arcaica e falta de adequação aos requisitos atuais dos sistemas informáticos para gestão da manutenção.

Do conjunto dos 5 CMMSs restantes, selecionaram-se os 3 mais promissores. Os 2 CMMSs que foram excluídos não demonstraram flexibilidade para integração com outros sistemas informáticos, à exceção dos sistemas comercializados pelo próprio fornecedor. Além disso, a disponibilidade demonstrada pelos fornecedores para esclarecimento de dúvidas e pedidos de informação adicional foi bastante inferior em comparação aos fornecedores dos 3 CMMSs selecionados. A ausência de disponibilidade e prontidão coloca o fornecedor em descrédito no que se refere ao serviço de apoio ao cliente, que é um dos fatores a considerar na aquisição de qualquer sistema informático.

A análise efetuada aos 10 CMMSs, antes da seleção dos 3 CMMSs a comparar, teve por base as informações disponíveis nos manuais de especificação, nos respetivos *websites*, em artigos e, além disso, a troca de informações com os fornecedores via email e telefone.

No **Apêndice V**, apresenta-se uma breve descrição dos 3 CMMSs selecionados. Na secção 5.4.5 apresenta-se a comparação detalhada entre os 3 CMMSs, por aplicação da técnica AHP, que permitirá comparar os CMMSs em cada um dos subcritérios e selecionar aquele que mais se adequa ao contexto organizacional da empresa em estudo.

#### 5.4.4 Importância relativa dos critérios e subcritérios

A segunda etapa de aplicação do AHP consiste em classificar os critérios (nível 2) e subcritérios (nível 3) da estrutura hierárquica. Para tal, é necessário determinar a importância relativa dos critérios em relação ao objetivo geral, bem como a importância relativa dos subcritérios em relação ao respetivo critério associado e ao objetivo.

Numa primeira fase, será determinada a importância relativa de cada critério através da elaboração de uma matriz de comparação que permitirá comparar os critérios dois a dois, por pares (comparação pareada). Numa segunda fase, será determinada a importância relativa de cada subcritério, seguindo a mesma metodologia.

A questão a colocar na comparação entre critérios será: *Entre estes dois critérios, qual é considerado mais importante pelo utilizador do CMMS em relação ao objetivo geral de seleção do CMMS mais adequado?* A importância relativa será classificada com recurso à escala proposta por Saaty (1980), indicada na **Tabela I** (secção 2.6.3).

Na **Tabela XVII** encontram-se os resultados da comparação entre os critérios. Esta comparação foi estabelecida por consenso, entre os responsáveis dos departamentos de SM e M da empresa e um especialista em gestão da manutenção. Para melhorar a apresentação dos resultados, os critérios foram identificados com uma letra sequencial, pela ordem no qual surgem na estrutura hierárquica. Nesse sentido, deve considerar-se a seguinte correspondência: Critério A: Performance; Critério B: Usabilidade; Critério C: Compatibilidade e Portabilidade; Critério D: Segurança; Critério E: Fatores relacionados com o fornecedor.

**Tabela XVII** – Matriz de comparação dos critérios para seleção do CMMS mais adequado.

	Critério A	Critério B	Critério C	Critério D	Critério E	Prioridade (vetor)
Critério A	1	5	3	3	5	0,455
Critério B	1/5	1	1/3	1/3	1	0,072
Critério C	1/3	3	1	1	5	0,217
Critério D	1/3	3	1	1	3	0,190
Critério E	1/5	1	1/5	1/3	1	0,067
IC = 0,039    RC = 3,44 %						

Pela análise da tabela anterior, é possível organizar os critérios por ordem de importância em relação ao objetivo: Performance (mais importante); Compatibilidade e Portabilidade; Segurança; Usabilidade; Fatores relacionados com o fornecedor (menos importante). Como  $RC \leq 10\%$ , considera-se que os julgamentos da matriz são considerados consistentes.

De seguida, efetuou-se a comparação entre os subcritérios, cujas matrizes se encontram apresentadas no **Apêndice VI**. Novamente, para melhorar a apresentação dos resultados, os subcritérios foram identificados com a letra associada ao critério, seguido de um número sequencial, atribuído de acordo

com a ordem pelo qual surgem na estrutura hierárquica. Em qualquer um dos casos,  $RC \leq 10\%$ , o que permite afirmar que os julgamentos das matrizes são considerados consistentes.

Nas matrizes de comparação dos subcritérios, em apêndice, os valores de prioridade local indicam a importância relativa de cada subcritério em relação ao respetivo critério ao qual estão associados. A prioridade global, por sua vez, indica a importância relativa de cada subcritério em relação ao objetivo geral de seleção do CMMS mais adequado, tendo sido obtida pelo produto entre a prioridade local e o valor de prioridade do critério associado.

O **Apêndice VII** poderá ser consultado para uma melhor compreensão. Nele consta a estrutura hierárquica com os valores de prioridade globais de cada critério e subcritério, em relação ao objetivo geral.

A técnica AHP permitiu, nesta fase, estabelecer uma ordem de importância para os subcritérios sobre os quais cada uma das alternativas de CMMS será comparada (**Tabela XVIII**).

**Tabela XVIII** – Ordenação dos subcritérios em função do nível de prioridade.

Código	Subcritério	Prioridade
C.2	Portabilidade para dispositivos móveis	0,180
A.1	Adequação à função	0,176
A.2	Módulos disponíveis (integração e abrangência)	
D.1	Controlo de acessos	0,095
D.2	Disponibilidade de <i>backups</i>	
B.2	Facilidade de utilização	0,051
A.4	Disponibilidade de atualizações	0,042
A.5	Relatórios (disponibilidade, fiabilidade e customização)	
E.1	Suporte online	0,038
C.1	Nível de integração com outros sistemas	0,036
A.3	Flexibilidade de customização interna	0,019
E.4	Serviços de treino e consultoria	0,016
B.1	Facilidade de aprendizagem	0,010
B.3	Interface gráfica amigável	
E.2	Proximidade (assistência técnica)	0,009
E.3	Reputação e Experiência na indústria	0,004

#### 5.4.5 Classificação das alternativas e seleção do CMMS mais adequado

A última etapa de aplicação do AHP é a comparação das três alternativas de CMMS (CMMS 1, CMMS 2, CMMS 3). Para tal, os CMMSs serão comparados dois a dois (comparação pareada), a fim de perceber o quanto um é melhor do que o outro no que se refere a cada um dos subcritérios (nível 3). Assim, vão

ser construídas 16 matrizes de comparação 3 x 3, uma vez que existem 16 subcritérios no nível 3 e três CMMSs a serem comparados. A comparação será efetuada com recurso à escala da **Tabela I**.

A comparação entre os três CMMSs foi sustentada por uma análise exaustiva das suas características e especificações técnicas, conseguida através de entrevistas semiestruturadas aos fornecedores, realizadas via telefónica e presencialmente, por troca de informações com os mesmos via email e, além disso, por consulta dos manuais de especificação, *websites* e artigos disponibilizados pelos fornecedores. Para o CMMS 1, foi possível testar o funcionamento de uma versão *demo*, enquanto que para os CMMS 2 e CMMS 3 apenas foi possível assistir a uma demonstração por parte dos fornecedores.

No **Apêndice VIII** é possível consultar as matrizes resultantes da comparação dos CMMSs em cada um dos subcritérios. Junto de cada matriz encontra-se uma breve contextualização do que motivou a atribuição das classificações. Todas as matrizes possuem uma RC  $\leq$  10%, pelo que os julgamentos são considerados consistentes.

A **Tabela XIX** mostra os resultados obtidos relativos à prioridade local de cada um dos CMMSs, que representa a importância relativa de cada CMMS em cada subcritério.

**Tabela XIX** – Valores de prioridade local das alternativas de CMMS.

Subcritério	Prioridade local		
	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3
A.1	0,260	0,633	0,106
A.2	0,455	0,091	0,455
A.3	0,643	0,283	0,074
A.4	0,053	0,474	0,474
A.5	0,633	0,106	0,260
B.1	0,600	0,200	0,200
B.2	0,748	0,180	0,071
B.3	0,283	0,643	0,074
C.1	0,200	0,600	0,200
C.2	0,143	0,143	0,714
D.1	0,260	0,633	0,106
D.2	0,067	0,467	0,467
E.1	0,455	0,091	0,455
E.2	0,071	0,180	0,748
E.3	0,633	0,260	0,106
E.4	0,429	0,143	0,429

A **Figura 24** mostra um gráfico radar, tipicamente utilizado para a representação dos resultados da técnica AHP, com a disposição dos valores da tabela anterior.

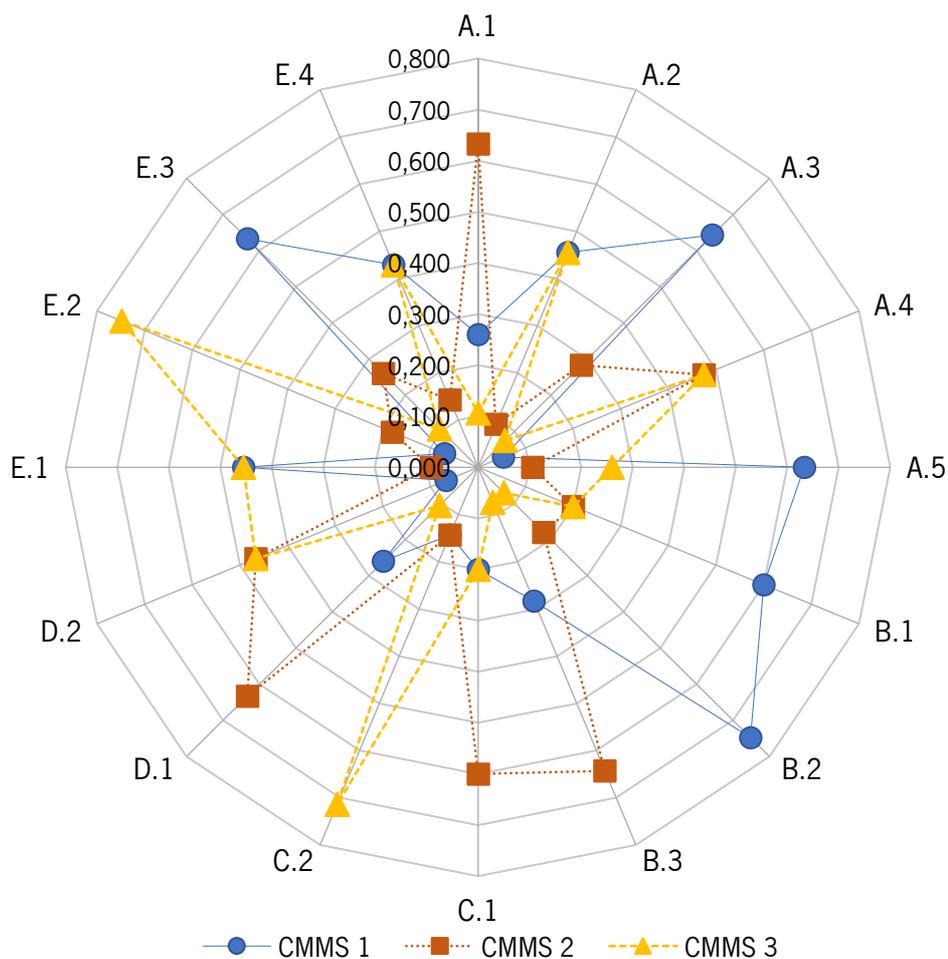
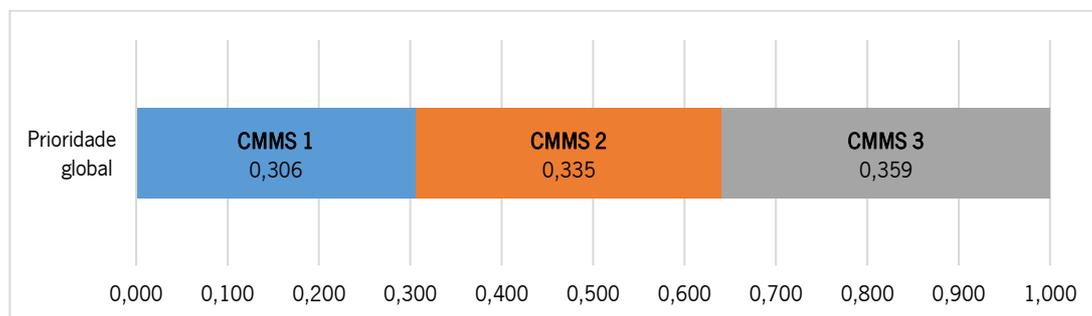


Figura 24 – Gráfico radar com os valores de prioridade local para cada CMMS.

Pela análise dos resultados apresentados, é possível verificar que cada CMMS apresenta as suas características distintas. O CMMS 1 destaca-se essencialmente na facilidade de utilização (B.2), facilidade de aprendizagem (B.1), relatórios (disponibilidade, fiabilidade e customização) (A.5), flexibilidade de customização interna (A.3) e reputação e experiência na indústria (E.3). O CMMS 2 destaca-se nos fatores de adequação à função (A.1), interface gráfica amigável (B.3), nível de integração com outros sistemas (C.1) e controlo de acessos (D.1). Por fim, o CMMS 3 destaca-se na proximidade (assistência técnica) (E.2) e na portabilidade para dispositivos móveis (C.2).

De modo a perceber qual dos três CMMS é o mais adequado, é necessário calcular as prioridades globais de cada um. Assim, para cada CMMS, é necessário multiplicar o valor de prioridade local do CMMS em cada um dos subcritérios pelo valor correspondente de prioridade do subcritério e, posteriormente,

efetuar o somatório para todos os subcritérios. O gráfico da **Figura 25** mostra os valores de prioridade global de cada CMMS.



**Figura 25** – Valores de prioridade global das alternativas de CMMS.

Pela análise dos resultados obtidos, verifica-se que apesar do CMMS 3 se destacar apenas em dois dos subcritérios, é o CMMS que globalmente melhor satisfaz as necessidades da empresa, tendo em conta que é aquele que apresenta o valor de prioridade mais elevado (0,359). Contudo, as três alternativas estão muito próximas em termos de resultados, não havendo nenhum dos CMMSs que se destaque claramente. Assim, pode afirmar-se que os CMMSs analisados têm globalmente o mesmo nível de qualidade.

Devido ao facto de as diferenças de qualidade global entre os CMMSs serem praticamente impercetíveis, o critério final de decisão para a seleção do CMMS mais adequado baseou-se na análise das funcionalidades de cada CMMS em relação àquelas que se pretendem com o sistema informático idealizado (**Tabela XVI**), bem como no custo de aquisição, personalização e integração com outros sistemas informáticos.

O CMMS 2 mostrou ser o mais completo em termos de características funcionais, tendo em conta que possui funcionalidades diferenciadoras que os CMMS 1 e CMMS 3 não possuem. Este CMMS está parametrizado para incluir, na ficha de cada ativo, as instruções e precauções de segurança, incluindo os símbolos dos EPIs a utilizar, o que está em linha com uma das ações implementadas no âmbito deste trabalho (secção 5.6). Além disso, e mais importante ainda, permite ler diversos tipos de etiquetas, desde etiquetas de código de barras, NFC e RFID, o que significa que o sistema para registo das intervenções de manutenção (secção 5.2) e o sistema de controlo e gestão dos *stocks* (secção 5.3) podem ser incorporados neste CMMS, tirando proveito desta funcionalidade. Terá para isso que se adicionar a função de cronometragem associada ao ato de *picking* dos códigos de barras das ordens de trabalho (antes designadas por Fichas de Intervenção), registando assim os tempos de manutenção, e adquirir a

aplicação *Mobile*, que permita o registo das intervenções a partir de *tablets* e a gestão dos *stocks* com recurso a terminais móveis.

Além disso, o custo das integrações do CMMS 2 com outros sistemas informáticos da empresa é inferior, comparativamente aos CMMS 1 e CMMS 3. Ao adquirir o plano mais avançado do CMMS 2, os custos de serviços de personalização das integrações com outros sistemas são inteiramente suportados pelo fornecedor do sistema. Para os CMMS 1 e CMMS 3, a personalização das integrações é encarada como um serviço extra, em que o custo do serviço é calculado em função das horas de trabalho necessárias e inclui o custo das deslocações, o que se estima traduzir em custos significativamente superiores. Apesar do plano mais avançado do CMMS 2 ser mais caro do que a versão padrão dos CMMS 1 e CMMS 3, tendo em conta que a empresa pretende integrar o CMMS com o ERP e o sistema informático de gestão da produção, o que exige um esforço considerável, o custo adicional com o CMMS 2 acaba por compensar.

Pelos motivos apresentados, optou-se por seleccionar o CMMS 2 para implementação. Convém realçar que, apesar deste CMMS ser o mais completo em termos de requisitos funcionais, não permite mesmo assim dar resposta a dois dos requisitos pretendidos para o sistema idealizado, identificados na **Tabela XVI**, sendo eles: a afetação automática das ordens de trabalho aos técnicos de manutenção, analisando a matriz de competências e a natureza da avaria, de modo a seleccionar um técnico que tenha competências para executar a intervenção; identificação dos equipamentos críticos por via de um modelo que conjugue vários indicadores de desempenho (multicritério). A inclusão dessas funcionalidades requer o pagamento do serviço de desenvolvimento de *software* à medida, o que se traduz em custos que não são atualmente suportáveis pela empresa. Estas funcionalidades não estão também disponíveis em nenhuma das versões *standard* dos outros CMMSs analisados, o que indica que os CMMSs disponíveis no mercado deverão ser alvo de melhorias de modo a alinharem-se devidamente com as exigências de mercado atuais.

Resultante desta reflexão, optou-se por seleccionar o plano mais avançado do CMMS 2, na versão *web*. Além disso, será adquirida também a aplicação *Mobile*, de modo a que seja possível utilizar o sistema em dispositivos móveis (*tablets* e terminais móveis). O CMMS será alvo de customização para melhor se ajustar às necessidades da empresa. De seguida, encontram-se identificadas todas as alterações necessárias, indicando se requerem custos adicionais face ao plano adquirido pela empresa:

- A integração com o ERP e o sistema informático de gestão da produção da empresa (ação sem custos adicionais);

- Incorporação do sistema de registo das intervenções (secção 5.2.), o que inclui:
  - Personalização das ordens de trabalho, de modo a passem a incorporar a identificação com código de barras e incluam todos os campos necessários para o registo das informações pretendidas (identificadas na **Figura 16**), incluindo o registo da descrição da avaria, os tempos de reparação e os tempos de imobilização do equipamento para manutenção. As restantes informações da **Figura 16** já estão incluídas na ordem de trabalho (ação sem custos adicionais);
  - Adicionar função de cronometragem, que permita contabilizar os tempos de manutenção das intervenções através da leitura dos códigos de barras inscritos nas ordens de trabalho (ação com custos adicionais);
- Adicionar o módulo de gestão de materiais na aplicação *Mobile* (não vem incluído por definição), de forma a que o controlo e gestão dos *stocks* da manutenção seja efetuado conforme descrito na secção 5.3 (ação com custos adicionais mas economicamente mais viável do que adquirir um sistema individual especializado no controlo e gestão de *stocks* e integrá-lo com o CMMS);
- Criação dos indicadores de desempenho pretendidos para avaliação do desempenho do sector da manutenção, indicados na secção 5.5 (ação sem custos adicionais).

A aplicação *Mobile* será instalada em dois tipos de dispositivos móveis: em *tablets* industriais, para que os técnicos de manutenção registem as intervenções; em dois terminais móveis (**Figura 19**), com leitor de código de barras incorporado, para que o fiel de armazém e o responsável dos SM façam a gestão e controlo de *stocks*.

O registo dos tempos de manutenção, conforme descrito em 5.2, será efetuado através de um leitor simples de código de barras, ligado ao CMMS por via de um computador a instalar na oficina mecânica. Desta forma, é possível usufruir de um sistema de registo e controlo integrado, conforme idealizado (**Figura 20**).

A técnica AHP permitiu efetuar uma comparação detalhada entre os três CMMS e incentivou a um processo de reflexão intensivo, o que resultou numa decisão consistente sobre a seleção do CMMS a implementar. O processo estruturado para seleção do CMMS permitirá reduzir a probabilidade de insucesso no momento da sua implementação.

## 5.5 Sistema de avaliação de desempenho do sector da manutenção

No que se refere ao sistema de avaliação de desempenho do sector da manutenção, foram identificadas duas situações passíveis de melhoria. Uma delas relaciona-se com a fiabilidade dos resultados obtidos, devido a limitações no processo de registo das intervenções e no método pelo qual são calculados os indicadores. Com a implementação do novo sistema de registo, sustentado pelo CMMS, esta dificuldade será ultrapassada.

A outra situação está relacionada com a baixa abrangência do sistema de avaliação de desempenho, tendo em conta que não existia um balanço adequado entre indicadores *leading* e *lagging*, nem uma distribuição adequada dos mesmos nas diferentes perspetivas sugeridas pela Norma (indicadores organizacionais, técnicos e económicos). Esta dificuldade foi ultrapassada através da reestruturação do sistema de avaliação de desempenho, discutida na presente secção.

Na redefinição do sistema, começou-se primeiro por converter todas as medidas de desempenho existentes em indicadores de desempenho, de modo a que os resultados não sejam tão suscetíveis a pequenas alterações e para que seja mais fácil definir metas realistas. Para uma melhor compreensão desta problemática poderá analisar-se, a título de exemplo, a medida de desempenho *Número de intervenções de manutenção de melhoria*, que deve ser superior a 70, em 2018 (secção 4.3, **Tabela VI**). Sem expressar o número de intervenções de manutenção de melhoria em relação ao total de intervenções realizadas, torna-se difícil avaliar se 70 intervenções de melhoria será uma meta razoável ou não, visto que este valor depende sempre do total de intervenções. Supondo, por exemplo, um cenário hipotético em que uma alteração no processo produtivo leva ao desmantelamento de alguns equipamentos sujeitos a manutenção. Nessas circunstâncias, o número de intervenções de melhoria realizadas poderia ser reduzido, mas o total de intervenções de manutenção também seria reduzido. Assim, nesse caso, colocar-se-ia a questão *Em que medida a meta estabelecida para o número de intervenções de manutenção de melhoria deverá ser reduzida?*, o que se torna algo difícil de estimar. Se, por outro lado, o número de intervenções de melhoria fosse expresso em relação a um total, por via de um indicador de desempenho, seria mais fácil estabelecer metas adequadas e mais facilmente ajustáveis e, além disso, permitiria aos gestores e responsáveis uma visão mais realista das atividades de manutenção. A mesma lógica serve para as restantes medidas de desempenho.

A **Tabela XX** mostra o novo sistema de avaliação de desempenho reformulado.

Tabela XX – Sistema de avaliação de desempenho reformulado.

<b>Organizacional</b>		
	Fórmula de cálculo	Meta (anual)
<b>Gestão eficiente dos recursos humanos da manutenção</b>		
Taxa de utilização de mão-de-obra em manutenção preventiva ◇	$\frac{\text{Total HH de manutenção preventiva}}{\text{Total HH de manutenção}} \times 100$	75% - 80%
Taxa de utilização de mão-de-obra em manutenção corretiva ◇	$\frac{\text{Total HH de manutenção corretiva}}{\text{Total HH de manutenção}} \times 100$	10% - 15%
Taxa de utilização de mão-de-obra em manutenção de melhoria ◇	$\frac{\text{Total HH de manutenção de melhoria}}{\text{Total HH de manutenção}} \times 100$	5% - 10%
<b>Elevada capacidade de planeamento e programação das atividades de manutenção</b>		
Desvio ao cumprimento do plano de manutenção preventiva ◇	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de intervenções preventivas não realizadas}}{\text{N}^\circ \text{ de intervenções preventivas planeadas}} \times 100$	≤ 4%
Percentagem de intervenções de manutenção de melhoria realizadas ◇	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de intervenções de melhoria realizadas}}{\text{N}^\circ \text{ total de intervenções de manutenção}} \times 100$	≥ 3%
<b>Económica</b>		
	Fórmula de cálculo	Meta (anual)
<b>Otimização e controlo dos custos de manutenção</b>		
Custo da mão-de-obra da manutenção Δ	$\frac{\text{Custo total da mão-de-obra da manutenção}}{\text{Custo total de manutenção}} \times 100$	50% - 70%
Custo dos materiais da manutenção Δ	$\frac{\text{Custo total dos materiais da manutenção}}{\text{Custo total de manutenção}} \times 100$	20% - 45%
Custo dos serviços subcontratados Δ	$\frac{\text{Custo total dos serviços subcontratados}}{\text{Custo total de manutenção}} \times 100$	5% - 10%
Custo de manutenção preventiva Δ	$\frac{\text{Custo da manutenção preventiva}}{\text{Custo total de manutenção}} \times 100$	60% - 70%
Custo de manutenção corretiva Δ	$\frac{\text{Custo da manutenção corretiva}}{\text{Custo total de manutenção}} \times 100$	5% - 30%
Custo de manutenção de melhoria Δ	$\frac{\text{Custo da manutenção de melhoria}}{\text{Custo total de manutenção}} \times 100$	10% - 25%
<b>Técnica</b>		
	Fórmula de cálculo	Meta (anual)
<b>Promover a elevada fiabilidade e bom funcionamento dos ativos</b>		
Tempo médio de paragem por avaria com perda de produção Δ	$\frac{\text{Tempo de paragem com perda de produção}}{\text{N}^\circ \text{ total de intervenções corretivas}}$	≤ 2 horas
Tempo médio de paragem por avaria sem perda de produção Δ	$\frac{\text{Tempo de paragem sem perda de produção}}{\text{N}^\circ \text{ total de intervenções corretivas}}$	≤ 5 horas
MTBF (Tempo médio entre falhas) Δ	$\frac{\text{Tempo total de calendário}}{\text{N}^\circ \text{ total de intervenções corretivas}}$	≥ 2,5 dias
MTTR (Tempo médio de reparação) ◇	$\frac{\text{Tempo total de reparação}}{\text{N}^\circ \text{ total de intervenções corretivas}}$	≤ 2,5 horas
MWT (Tempo médio de espera) ◇	$\frac{\text{Tempo total de espera}}{\text{N}^\circ \text{ total de intervenções corretivas}}$	≤ 0,3 horas
<b>Promover a segurança de todos os colaboradores</b>		
Taxa de acidentes de trabalho Δ	$\frac{\text{N}^\circ \text{ de acidentes de trabalho}}{\text{N}^\circ \text{ total de intervenções de manutenção}} \times 100$	≤ 5

◇ Indicador *Leading*Δ Indicador *Lagging*

De modo a constituir um sistema balanceado, os indicadores foram distribuídos entre as 3 perspetivas sugeridas pela Norma de Indicadores de desempenho da manutenção: perspetiva organizacional, perspetiva técnica e perspetiva económica. Em cada perspetiva, definiram-se diferentes objetivos estratégicos que serão monitorizados com os respetivos indicadores associados.

Pela análise do novo sistema é possível verificar que os indicadores foram distribuídos de modo equilibrado entre as diferentes perspetivas, tendo em conta que a perspetiva organizacional tem 5 indicadores e as perspetivas económica e técnica têm ambas 6 indicadores. De realçar que o antigo sistema de avaliação de desempenho, além de não ser balanceado, não incorporava sequer indicadores económicos. No que se refere à classificação *leading/lagging*, existem no novo sistema 7 indicadores *leading* e 10 indicadores *lagging*.

Todos os indicadores de desempenho serão calculados e monitorizados pelo CMMS. O ficheiro Excel onde anteriormente eram calculados os indicadores será descontinuado.

Os indicadores associados à perspetiva organizacional resultaram da conversão das medidas de desempenho do sistema anterior. As horas de RH em cada um dos tipos de manutenção, que aparecem no antigo sistema, serão agora analisadas sob a forma de uma taxa de utilização da mão-de-obra, que visa avaliar o total de horas-homem consumidas pelos técnicos de manutenção em cada um dos tipos de intervenção, em relação ao total de horas-homem trabalhados pelos mesmos, com o objetivo de perceber a distribuição do esforço da equipa de manutenção às diferentes atividades. As horas-homem consumidas em cada intervenção serão calculadas pelo CMMS, a partir dos tempos de manutenção registados através do sistema de código de barras, que funcionará de modo integrado com o CMMS. O indicador relativo ao desvio ao cumprimento do plano de manutenção preventiva permaneceu inalterado em relação ao sistema anterior. O indicador “Percentagem de intervenções de manutenção de melhoria realizadas”, foi introduzido para expressar o número de intervenções de manutenção de melhoria, que aparecia no sistema anterior, em relação ao total de intervenções realizadas.

A perspetiva económica não era contemplada no antigo sistema, mas foi incluída neste novo sistema devido à sua relevância para o controlo de custos relacionados com a manutenção, e tendo em conta que a sua inclusão não irá exigir um esforço adicional do responsável dos SM no cálculo dos indicadores, visto que agora serão calculados pelo CMMS, que funcionará de forma integrada com o ERP empresarial, onde estão registados dados relativos aos custos. Na construção destes indicadores, considerou-se o custo total da manutenção como o somatório do custo da mão-de-obra, o custo dos materiais e o custo dos serviços subcontratados. O custo da mão-de-obra será determinado pelo produto do custo homem-

hora pelo total de horas-homem trabalhadas pelos técnicos de manutenção na execução das intervenções. Neste caso, o “custo da mão-de-obra” difere do “custo com o pessoal interno da manutenção” considerado pela norma de indicadores de desempenho da manutenção (Equação 4). O custo de mão-de-obra contabiliza apenas o custo do pessoal de manutenção direta (custo dos técnicos de manutenção que executam as atividades de manutenção), excluindo o custo de manutenção indireta (direção, responsáveis, supervisores, etc.) e o custo com pessoal da produção que executa atividades de manutenção.

O custo dos materiais será obtido a partir do valor médio unitário de cada material e as respetivas quantidades utilizadas nas intervenções de manutenção, o que será calculado pelo CMMS a partir dos registos efetuados nas Fichas de Intervenção. O custo dos serviços subcontratados aplica-se a serviços de manutenção realizados por entidades externas, que ocorrem num volume muito baixo e que serão calculados a partir das informações provenientes do ERP empresarial, que será integrado com o CMMS.

Pretende-se ainda verificar a contribuição de cada tipo de intervenção (preventiva, corretiva e de melhoria) para os custos totais de manutenção e, como tal, foram definidos indicadores para avaliar estas contribuições.

No que se refere à perspetiva técnica, os dois indicadores relativos aos tempos de paragem (sem perda de produção e com perda de produção) resultaram da conversão das medidas de desempenho do sistema anterior, que avaliavam as horas de paragem dos equipamentos. Os indicadores definidos neste novo sistema determinam o tempo de paragem em relação ao total de avarias que ocorreram num determinado período de tempo, ou seja, permitem aferir o tempo médio de paragem por cada avaria que ocorre, sem perda e com perda de produção.

O MTBF, MTTR e MWT foram adicionados à perspetiva técnica pelo facto de serem indicadores muito frequentemente utilizados para monitorizar o desempenho das atividades de manutenção, e tendo em conta que trazem vantagens à melhoria da gestão da manutenção ao permitirem avaliar a qualidade do serviço prestado. O MTBF irá avaliar a frequência das avarias que ocorrem num determinado equipamento ou sector e, com isso, servirá como um meio para análise da incidência das avarias, revisão do planeamento da manutenção preventiva e identificação dos equipamentos mais críticos. Neste caso, o MBTF será calculado a partir do tempo de calendário (Equação 9), tendo em conta que a empresa não dispõe dos meios necessários para contabilizar o tempo de funcionamento dos equipamentos.

O MTTR será utilizado para avaliar quanto tempo os técnicos de manutenção demoram, em média, a reparar uma avaria (Equação 10). Nos casos em que se verifique que os valores de MTTR são elevados,

poderá implementar-se medidas para melhoria da manutibilidade dos equipamentos, por exemplo, melhorando a acessibilidade aos itens a substituir ou reparar. O cálculo do MTTR será efetuado pelo CMMS, a partir dos dados dos tempos de reparação introduzidos pelos técnicos na Ficha de Intervenção/Ordem de trabalho.

O MWT foi introduzido para avaliar a eficiência da resposta do responsável dos SM às solicitações de reparação de avarias (Equação 11). O tempo de espera será determinado pela diferença entre o momento em que o pedido foi solicitado pelo técnico de manutenção através do CMMS (via *tablet*) e o momento em que se inicia a reparação após emissão da ordem de trabalho por parte do responsável dos SM. Os pedidos de manutenção serão realizados via CMMS, que irá calcular automaticamente o MWT. Tendo com conta que só os técnicos de manutenção terão acesso ao CMMS via *tablet*, ao contrário dos operadores ou responsáveis dos sectores produtivos, a avaria terá de ser obrigatoriamente reportada a um dos técnicos de manutenção, para que este por sua vez efetue o pedido ao responsável dos SM. Se por algum motivo isto for descorado, e a avaria for reportada pelo responsável do sector produtivo ao responsável dos SM, via telefónica, estes dados não irão ser contabilizados para o cálculo de MWT, o que inviabiliza a fiabilidade dos resultados. Assim, o processo de desencadeamento de uma ação corretiva (**Apêndice I**), terá de ser ligeiramente alterado, de modo a garantir que o MWT é expressivo e confiável.

Por fim, o indicador relativo à taxa de acidentes de trabalho foi introduzido em resposta à crescente preocupação da empresa em promover a segurança de todos os colaboradores. O objetivo será perceber quantos acidentes de trabalho os técnicos de manutenção sofrem, em média, em relação ao total de intervenções realizadas.

A redução dos acidentes de trabalho é uma prioridade para a empresa, daí que seja relevante monitorizar a taxa de acidentes de trabalho, que servirá também como um indicador para avaliar a eficácia das ações implementadas para melhoria da segurança dos trabalhadores. Uma dessas ações encontra-se discutida na secção seguinte (secção 5.6).

No que se refere à frequência de cálculo dos indicadores, serão mantidas as práticas da empresa, o que significa que todos os indicadores serão calculados com uma frequência mensal, ficando a cargo do responsável dos SM reportar os resultados à Direção da Qualidade, no final de cada mês. Contudo, neste novo sistema, optou-se que todos os indicadores sejam também calculados anualmente, tendo-se estabelecido metas anuais para todos, mesmo para aqueles que não estão definidos no âmbito do SGQ, como é o caso das taxas de utilização de mão-de-obra. No final de cada ano, deverá comparar-se os

resultados obtidos com a respetiva meta estabelecida. Se a meta não for atingida, deverão definir-se ações para melhoria do desempenho.

Os resultados que serão reportados à Direção da Qualidade são resultados globais, o que significa que são referentes ao conjunto de todos os equipamentos e infraestruturas que estão inseridos no total dos 24 sectores alvo de manutenção (**Anexo II**). Contudo, os responsáveis dos SM e M deverão analisar os resultados dos indicadores técnicos individualmente, por cada sector e para cada equipamento/infraestrutura. O objetivo desta análise será determinar os sectores e equipamentos/infraestruturas mais críticos, i.e., os que possuem um pior desempenho, e aplicar medidas para contornar a situação. Os resultados individuais serão obtidos diretamente pelo próprio CMMS e a análise a realizar poderá ser suportada, por exemplo, por um gráfico de Pareto.

O novo sistema de avaliação de desempenho permitirá uma avaliação holística da gestão da manutenção, sob várias perspetivas: organizacional, técnica e económica. Desta forma, o sector da manutenção será capaz de gerir e controlar mais eficazmente os recursos e os custos de manutenção, o que permitirá tomar decisões relativas à gestão dos RH, gestão de *stocks*, investimentos em equipamentos ou modificação para introdução de melhorias, entre outros.

## 5.6 Precauções de segurança e ambientais nas Instruções de Trabalho

De modo a reduzir os acidentes de trabalho na realização das atividades de manutenção e reduzir os danos ambientais causados pelas atividades de manutenção, em linha com os objetivos do TPM, outra das ações de melhoria proposta foi a introdução das precauções de segurança e ambientais nas instruções de trabalho de manutenção preventiva. O objetivo é reforçar os cuidados a ter na execução das intervenções. Para tal, as instruções de trabalho passaram a incluir um campo onde são indicadas as precauções de segurança e ambientais, bem como a simbologia dos EPIs a utilizar para realizar a intervenção em causa.

Neste processo de reestruturação das instruções de trabalho, optou-se também por adicionar informação relativa à duração prevista das ações e a previsão dos homens-horas necessários para realizar a intervenção. A duração prevista das ações foi definida com base no histórico da empresa, disponível no antigo sistema informático de manutenção. Esta informação é relevante para sustentar a programação semanal das atividades realizada pelo responsável dos SM que, tendo uma previsão da duração de cada intervenção preventiva, poderá distribuir as tarefas entre os técnicos de forma mais adequada e realista. Tal permite evitar a necessidade de ajustes desnecessários na programação e, simultaneamente, facilita

a necessidade de eventuais ajustes devido a avarias. Além disto, serve também para fornecer orientações aos técnicos de manutenção e aos operadores, para que possam ter uma noção do tempo expectável que se prevê concluir cada intervenção preventiva.

A identificação das precauções de segurança e ambientais para cada equipamento e infraestrutura encontra-se em curso, tendo-se iniciado pelos equipamentos e infraestruturas mais simples. Essa identificação tem sido efetuada com base na experiência dos responsáveis dos SM e M e com base nas recomendações propostas na literatura (Cabral, 2013; Pinto, 2016).

No **Apêndice IX** encontra-se um exemplo de uma instrução de trabalho reformulada, referente à manutenção das baterias dos PLCs (*Programmable Logic Controller*), conversores e *touchscreens*. De notar que foi também introduzido um campo para adicionar imagens ilustrativas ou fotografias para auxiliar a compreensão das ações a realizar, particularmente úteis quando as ações são da responsabilidade dos operadores (manutenção autónoma).

O exemplo apresentado refere-se a uma intervenção de manutenção muito simples, onde o incumprimento das precauções de segurança e ambientais não apresenta consequências graves para a segurança de quem efetua a manutenção, tendo em conta que as baterias apresentam valores de tensão muito baixos, ou seja, não há o risco de choque elétrico. Contudo, considerou-se a obrigatoriedade de utilização de calçado de segurança, visto que as intervenções serão efetuadas em contexto industrial, sendo que as baterias são parte integrante dos equipamentos produtivos. A obrigatoriedade de utilização de calçado de segurança será uma medida transversal, aplicável a qualquer intervenção. Neste caso em particular, considerou-se também a obrigatoriedade de proteção das mãos, para evitar qualquer contaminação por substâncias libertadas por baterias, caso estas estejam danificadas. Tendo em conta que a função das luvas será apenas de proteção contra substâncias, será suficiente a utilização de luvas de látex, mais económicas.

A **Tabela XXI** mostra as precauções de segurança e ambientais que foram definidas até ao momento, para alguns equipamentos e infraestruturas da empresa.

Tabela XXI – Precauções de segurança e ambientais para alguns equipamentos e infraestruturas.

Equipamento/ Infraestrutura	Precauções de segurança e ambientais
Ar condicionado	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desligar o disjuntor de alimentação antes de realizar trabalhos no interior do aparelho;</li> <li>- Limpar devidamente os filtros, tendo em consideração que um filtro sujo reduz a eficiência energética e pode contaminar o ambiente.</li> </ul>
Conduitas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intervenção a realizar exclusivamente por técnicos especializados;</li> <li>- Antes de iniciar a intervenção, cortar as alimentações elétricas dos equipamentos do sistema e garantir o estado de repouso do sistema após o corte;</li> <li>- Colocar sinalética no quadro elétrico durante a intervenção e, no final, repor as condições iniciais;</li> <li>- Restringir o acesso a pessoal estranho aos locais de intervenção;</li> <li>- Antes de reestabelecer o funcionamento, assegurar a ausência de objetos estranhos no interior e que todas as portas de visita se encontram devidamente fechadas;</li> </ul>
Bombas de água	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Antes de iniciar a intervenção, cortar a alimentação elétrica e trancar disjuntores nessa posição;</li> <li>- Colocar sinalética no quadro elétrico durante a intervenção e, no final, repor as condições iniciais;</li> <li>- Em caso de incêndio, atuar com extintor de CO<sub>2</sub> ou de pó seco;</li> <li>- A não consideração destas precauções pode resultar em ferimentos graves ou morte.</li> </ul>
Gerador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Colocar na posição <i>Stop</i> o dispositivo de funcionamento automático;</li> <li>- Desligar os cabos de alimentação das baterias de arranque;</li> <li>- Manter o alternador o mais seco possível;</li> <li>- O incumprimento destas precauções poderá resultar em ferimentos graves ou morte.</li> </ul>
Ventiladores e extratores	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intervenção a realizar exclusivamente por técnicos especializados;</li> <li>- Antes de iniciar a intervenção, cortar alimentação elétrica e trancar disjuntores nessa posição;</li> <li>- Restringir o acesso a pessoal estranho aos locais de intervenção;</li> <li>- Antes de reestabelecer o fornecimento de energia elétrica ao equipamento, assegurar a ausência de objetos estranhos no interior e verificar a liberdade das partes móveis.</li> </ul>
Quadros elétricos	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Intervenção a realizar exclusivamente por técnicos qualificados, de acordo com as RTIEBT (Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão).</li> </ul> <p><u>ANTES DA INTERVENÇÃO:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reunir todo o equipamento de segurança necessário, incluindo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• os EPIs indicados nesta instrução de trabalho;</li> <li>• cadeados, placa sinalética de consignação; tapetes e ferramentas isolantes;</li> <li>• placa de aviso de trabalhos.</li> </ul> </li> <li>- Obter autorizações de consignação e corte de tensão;</li> <li>- Executar os procedimentos de segurança e analisar a documentação técnica.</li> </ul> <p><u>DURANTE A INTERVENÇÃO:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Não permitir a entrada de pessoal não qualificado;</li> <li>- Respeitar o RTIEBT.</li> </ul> <p><u>FIM DA INTERVENÇÃO:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Repor as condições de segurança e funcionamento;</li> <li>- Reportar o fim da intervenção ao responsável da manutenção.</li> </ul>

## 6. CONCLUSÕES

### 6.1 Considerações finais

Com a realização deste trabalho foi possível dar resposta à pergunta de investigação inicialmente proposta, cumprindo os objetivos associados. A identificação dos principais problemas associados às práticas de gestão da manutenção da empresa em estudo foi realizada através de uma análise da situação atual da manutenção. Esta análise, em conjunto com a avaliação do nível de maturidade de gestão da manutenção da empresa, permitiu identificar ações de melhoria para cada um dos problemas identificados. A implementação das ações foi escalonada em função do esforço e tempo necessários para uma implementação efetiva.

As ações tratadas no âmbito deste trabalho foram apresentadas e discutidas, analisando a sua potencialidade para o aumento da eficiência do sector da manutenção. O funcionamento integrado dos sistemas propostos para o registo das intervenções de manutenção e para a gestão e controlo de *stocks*, permitirá introduzir práticas de análise sistemática das avarias, aumentar a fiabilidade da informação recolhida para cálculo dos indicadores, aumentar a eficiência do processo de requisição dos materiais e a definição de políticas de gestão de *stocks*, de modo a estabelecer o balanço adequado das quantidades em *stock*, reduzindo os custos e evitando atrasos nas intervenções por indisponibilidade de materiais. A adoção destas práticas de gestão da manutenção permite aumentar a eficiência do sector, que será agora capaz de tomar decisões baseadas em dados fiáveis, centrar-se em atividades de maior valor acrescentado, gerir eficazmente os recursos à sua disposição e atuar de acordo com padrões de qualidade mais elevados.

Estes sistemas serão suportados por parte de um sistema informático de gestão da manutenção (CMMS), que dispõe de uma flexibilidade tal que permite a incorporação dos mesmos. A técnica AHP permitiu selecionar criteriosamente o CMMS a implementar, comparando possíveis alternativas em relação a diversos critérios. As classificações atribuídas foram devidamente justificadas e integraram o parecer de intervenientes relevantes, desde os responsáveis da manutenção e um especialista em gestão da manutenção. Este processo de seleção estruturado permitiu fundamentar uma escolha consistente, o que facilitou a demonstração à gestão de topo dos benefícios resultantes da implementação do CMMS selecionado.

Neste momento, a empresa está em fase de preparação para o investimento económico que terá de efetuar para aquisição do CMMS. Deste modo, não é possível ainda quantificar em termos absolutos os

ganhos alcançados com a implementação do CMMS e com os sistemas de registo das intervenções e de gestão de *stocks*, que funcionarão com recurso ao CMMS.

A reestruturação do sistema de avaliação de desempenho do sector da manutenção resultou num novo sistema balanceado, com KPIs distribuídos sob três perspetivas: organizacional, técnica e económica, incluindo indicadores *leading* e *lagging*. Esta ação introduziu melhorias significativas na monitorização do desempenho do sector da manutenção, que não tinha qualquer controlo sobre os custos, devido à ausência de indicadores económicos, nem tampouco quantificava o MTTR, o MTBF e o MWT, conforme proposto amplamente pelas boas práticas de gestão da manutenção.

O reforço das precauções de segurança e ambientais permitiu consolidar as práticas do TPM da empresa e foi conseguido através da introdução das referidas precauções, incluindo os EPIs a utilizar, nas instruções de trabalho de manutenção preventiva. Esta ação, ainda em curso, permitirá uma melhor preparação dos técnicos de manutenção para a execução das intervenções, servindo como um meio de redução dos acidentes de trabalho e redução do impacte ambiental.

Em suma, as ações de melhoria propostas permitem colmatar alguns dos problemas que limitam a eficiência do sector da manutenção e, dessa forma, orientam a empresa para um caminho de melhoria contínua, cuja meta é a obtenção de níveis de maturidade de classe mundial de gestão da manutenção.

## 6.2 Perspetivas de trabalho futuro

Uma vez que o processo de aquisição do CMMS ainda se encontra por concluir, seria pertinente preparar o processo de implementação, realizando análises de mercado para seleção dos fornecedores dos recursos materiais necessários, incluindo os leitores de códigos de barras, os *tablets* industriais e os terminais móveis. Além disso, os responsáveis da manutenção, com o suporte da gestão de topo, devem preparar ações de sensibilização a ministrar aos técnicos de manutenção, de modo a apresentar as alterações a introduzir com o novo sistema, facilitando assim a sua adaptação e orientação a objetivos comuns.

Em relação ao novo sistema de avaliação de desempenho, tendo em conta que foram adicionados novos indicadores, deverá analisar-se a necessidade de ajustar as metas definidas, em função do histórico de dados que venha a ser adquirido com a implementação do CMMS. Deverá também intensificar-se o esforço da manutenção em reunir todas as precauções de segurança e ambientais para os restantes equipamentos produtivos e infraestruturas.

Com o suporte do CMMS, prevê-se a definição de uma política de gestão de *stocks* adequada às necessidades da empresa. Essa política terá por base um método de classificação multicritério dos materiais, considerando fatores como o preço, padrão de consumo, características de fornecimento (e.g., prazo entrega, fornecedores), características de inventário (e.g., preço, obsolescência), entre outros, conforme a relevância face ao tipo de material. Nesse sentido, poderá começar-se a definir quais os critérios que serão aplicáveis a cada tipo de material (peças de reserva, sobressalentes, materiais de consumo regular).

A partir das ações de melhoria propostas neste trabalho, deverá consolidar-se a aplicação do FMEA de produto e processo, prática já introduzida pela empresa mas que requer disseminação a todos os equipamentos produtivos e processos críticos. A elaboração dos FMEAs deverá utilizar como dados de entrada a descrição das avarias, proveniente do registo das intervenções, em resultado das ações propostas neste trabalho. A análise da incidência das avarias também deverá começar a ser praticada de forma sistemática pelo sector da manutenção, que poderá assim identificar ações a implementar para melhoria do desempenho dos equipamentos e, em alguns casos, servirá como uma base para análises de custo-benefício em relação ao desmantelamento de equipamentos e novos investimentos.

A implementação da metodologia 5S, prevista para breve, é também crucial para manter os ganhos alcançados com as melhorias propostas e condição essencial para implementação do TPM. Os colaboradores devem ser incentivados a manter os postos de trabalho adequadamente organizados e limpos, após a implementação.

Desta forma, a empresa poderá melhorar continuamente as suas práticas de gestão da manutenção, preparando-se para um processo de implementação total do TPM.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aghezzaf, E. H., Jamali, M. A., & Ait-Kadi, D. (2007). An integrated production and preventive maintenance planning model. *European Journal of Operational Research*, 181(2), 679–685.
- Ahuja, I. P. S., & Khamba, J. S. (2008). Total productive maintenance: Literature review and directions. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 25(7), 709–756.
- Alsyouf, I. (2006). Measuring maintenance performance using a balanced scorecard approach. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(2), 133–149.
- AMCP-706-133. (1976). *Engineering Design Handbook: Maintainability Engineering Theory and Practice*. Washington, D.C.: Department of Defense, US Army.
- Antil, P. (1991). The maintenance organisational maturity grid. *Maintec Conference*. Birmingham: COMAC Publications.
- Arts, R. H. P. M., Knapp, G. M., & Mann, L. (1998). Some aspects of measuring maintenance performance in process industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 4(1), 6–11.
- Ayag, Z. (2005). A fuzzy AHP-based simulation approach to concept evaluation in a NPD environment. *IIE Transactions*, 16, 827–842.
- Bertolini, M., & Bevilacqua, M. (2006). A combined goal programming – AHP approach to maintenance selection problem. *Reliability Engineering and System Safety*, 91, 839–848.
- Bozdog, C. E., Kahraman, C., & Ruan, D. (2003). Fuzzy group decision making for selection among computer integrated manufacturing systems. *Computers in Industry*, 51, 13–29.
- Braglia, M., Carmignani, G., & Frosolini, M. (2006). AHP-based evaluation of CMMS software. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(5), 585–602.
- Cabral, J. (2004). *Organização e Gestão da Manutenção - Dos Conceitos à Prática*. Lisboa: Lidel - Edições Técnicas, Lda.
- Cabral, J. (2013). *Gestão da Manutenção de Equipamentos, Instalações e Edifícios* (3ª Edição). Lisboa: Lidel.
- Campbell, J. D. (1995). *Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management*. Productivity Press, Portland, OR.
- Campbell, J. D., & Reyes-Picknell, J. V. (2006). *Uptime: Strategies for Excellence in Maintenance Management* (2nd Editio). Productivity Press.
- Carnero, M. C., & Novés, J. L. (2006). Selection of computerised maintenance management system by means of multicriteria methods. *Production Planning and Control*, 17(4), 335–354.
- Cassady, C. . R., & Kutanoglu, E. (2003). Minimizing Job Tardiness Using Integrated Preventive Maintenance Planning and Production Scheduling. *IIE Transactions*, 35(6), 503–513.
- Cato, W. W., & Mobley, R. K. (2002). *Computer-Managed Maintenance Systems* (2nd ed.). Boston, USA: Butterworth-Heinemann (Elsevier group).
- Chan, F. T. S., Lau, H. C. W., Ip, R. W. L., Chan, H. K., & Kong, S. (2005). Implementation of total productive maintenance: A case study. *International Journal of Production Economics*, 95(1), 71–94.

- Cholasuke, C., Bhardwa, R., & Antony, F. (2004). The status of maintenance management in UK manufacturing organizations: results from a pilot survey. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 10(1), 5–15.
- Crespo Marquez, A., & Gupta, J. N. D. (2006). Contemporary maintenance management: Process, framework and supporting pillars. *Omega - International Journal of Management Science*, 34(3), 313–326.
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is free: The art of making quality certain* (1st editio). New York: McGraw-Hill Companies.
- Davis, L., & Williams, G. (1994). Evaluating and selecting simulation software using the analytic hierarchy process. *Integrated Manufacturing Systems*, 5(1), 23–32.
- Dedopoulos, I. T., & Shah, N. (1995). Optimal short-term scheduling of maintenance and production formultipurpose plants. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, 34, 192–201.
- Dhillon, B. (2002). *Engineering Maintenance: A Modern Approach* (1st ed.). New York: Taylor & Francis Group.
- Durán, O. (2011). Computer-aided maintenance management systems selection based on a fuzzy AHP approach. *Advances in Engineering Software*, 42(10), 821–829.
- Eti, M. C., Ogaji, S. O. T., & Probert, S. D. (2006). Reducing the cost of preventive maintenance (PM) through adopting a proactive reliability-focused culture. *Applied Energy*, 83(11), 1235–1248.
- Evans, R. D. (2003). Too small for a CMMS? Think again. *Maintenance Journal*, 16(3), 12–14.
- Fernandez, O., Labib, A. W., Walmisley, R., & Petty, D. J. (2003). A decision support maintenance management system: Development and Implementation. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 20(8), 965–979.
- Ferreira, L. A. (1998). *Uma Introdução à Manutenção* (1ª Edição). Porto: Publindústria, Edições Técnicas.
- Garg, A., & Deshmukh, S. G. (2006). Maintenance management: literature review and directions. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 12(3), 205–238.
- Hora, M. E. (1987). The unglamorous game of managing maintenance. *Business Horizons*, 30(3), 67–75.
- ISO/IEC 25010. (2011). International Standard - Systems and software engineering – Systems and software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – System and software quality models. *International Organization for Standardization*.
- Jamkhaneh, H. B., Pool, J. K., Khaksar, S. M., Arabzad, S. M., & Kazemi, R. V. (2018). Impacts of computerized maintenance management system and relevant supportive organizational factors on total productive maintenance. *Benchmarking: An International Journal*, 25(7), 2230–2247.
- Jardine, A. K. S., Lin, D., & Banjevic, D. (2006). A review on machinery diagnostics and prognostics implementing condition-based maintenance. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 20(7), 1483–1510.
- Kans, M. (2008). An approach for determining the requirements of computerised maintenance management systems. *Computers in Industry*, 59, 32–40.
- Karsak, E. E., & Tolga, E. (2001). Fuzzy multicriteria decision making procedure for evaluating advanced manufacturing system in investments. *International Journal of Production Economics*, 69, 49–64.
- Labib, A. W. (1998). World-class maintenance using a computerised maintenance management system.

- Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 4(1), 66–75.
- Labib, A. W. (2004). A decision analysis model for maintenance policy selection using a CMMS. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 10(3), 191–202.
- Lai, V. S., Trueblood, R. P., & Wong, B. K. (1999). Software selection: a case study of the application of the analytical hierarchical process to the selection of a multimedia authoring system. *Information & Management*, 36, 221–232.
- Lai, V. S., Wong, B. K., & Cheung, W. (2002). Group decision making in a multiple criteria environment: a case using the AHP in software selection. *European Journal of Operational Research*, 137, 134–144.
- Liberatore, M. J., & Nydick, R. L. (2008). The analytic hierarchy process in medical and health care decision making: A literature review. *European Journal of Operational Research*, 189, 194–207.
- Liyange, J. ., & Kumar, U. (2003). Towards a value-based view on operations and maintenance performance management. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 9(4), 333–350.
- Lopes, I., Senra, P., Vilarinho, S., Sá, V., Teixeira, C., Lopes, J., ... Figueiredo, M. (2016). Requirements Specification of a Computerized Maintenance Management System - A Case Study. *Procedia CIRP*, 52, 268–273.
- Maier, A., Moultrie, J., & Clarkson, P. J. (2009). Developing maturity grids for assessing organizational capabilities: Practitioner guidance. *Proceedings of the 4th International Conference on Management Consulting*. Vienna, Austria: Academy of Management (MCD).
- Markeset, T., & Kumar, U. (2004). Dimensioning of product support: issues, challenges, and opportunities. Doctoral dissertation. Stavanger University College.
- Min, H. (1992). Selection of software: the analytic hierarchy process. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 22(1).
- Mobley, R. K. (2002). *An Introduction to Predictive Maintenance* (2nd ed.). USA: Butterworth-Heinemann.
- Moubray, J. (1997). *Reliability-Centered Maintenance* (2nd ed.). Industrial Press.
- Muchiri, P., Pintelon, L., Gelders, L., & Martin, H. (2011). Development of maintenance function performance measurement framework and indicators. *International Journal of Production Economics*, 131(1), 295–302.
- Mustafa, M. A., & Albahar, J. F. (1991). Project risk assessment using the analytic hierarchy process. *IEEE Trans Eng Manage*, 38(1), 46–52.
- Muthu, S., Devadasa, S. R., Ahmed, Saleem, Suresh, P., & Baladhanndayutham, R. (2000). Benchmarking for strategic maintenance quality improvement. *Benchmarking*, 7(4), 292–303.
- Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Cambridge, MA: Productivity Press.
- NP EN 13306. (2007). Norma Portuguesa - Terminologia da manutenção. *Instituto Português Da Qualidade*.
- NP EN 15341. (2009). Norma Portuguesa - Indicadores de desempenho da manutenção (KPI). *Instituto Português Da Qualidade*.
- Nyemba, W. R., & Mbohwa, C. (2017). Design of a 10-digit Inventory Codification System for a Tube and Pipe Manufacturing Company in Zimbabwe. *Procedia Manufacturing*, 8, 503–510.

- O'Donoghue, C. D. O., & Prendergast, J. G. (2004). Implementation and benefits of introducing a computerised maintenance management system into a textile manufacturing company. *Journal of Materials Processing Technology*, 153–154, 226–232.
- O'Hanlon, T. (2004). CMMS best practices. *Maintenance Journal*, 17(3), 19–22.
- Olafsson, S. V. (1990). *An analysis for total productive maintenance implementation*. Masters Theses. Virginia Polytechnic and State University, USA.
- Oliveira, M. A., & Lopes, I. (2019). Evaluation and improvement of maintenance management performance using a maturity model. *International Journal of Productivity and Performance Management*.
- Ordoobadi Sharon, M., & Mulvaney, N. J. (2001). Development of a justification tool for advanced manufacturing technologies: system-wide benefits value analysis. *Journal of Engineering and Technology Management*, 18(2), 157–184.
- Ossadnik, W., & Lange, O. (1999). AHP based evaluation of AHP Software. *European Journal of Operational Research*, 118, 578–588.
- Parida, A., & Chattopadhyay, G. (2007). Development of a multi-criteria hierarchical framework for maintenance performance measurement (MPM). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13(3), 241–258.
- Pinto, A. (2016). *Manual de Segurança na Manutenção* (3ª Edição). Lisboa: Edições Sílado.
- Pinto, J. P. (2013). *Manutenção Lean*. Lisboa: Lidel.
- Pinto, C. V. (1999). *Organização e Gestão da Manutenção*. Lisboa: Monitor - Projetos e Edições, Lda.
- Riis, J. O., Luxhøj, J. T., & Thorsteinsson, U. (1997). A situational maintenance model. *International Journal of Quality and Reliability Management*, 14(4), 349–366.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw-Hill.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, 48(1), 9–26.
- Sanmarti, E., Espuna, A., & Puigjaner, L. (1997). Batch production and preventive maintenance scheduling under equipment failure uncertainty. *Computers & Chemical Engineering*, 21(1157–1168).
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (5th ed.). Edinburgh Gate: Pearson Education Limited.
- Shamsuzzaman, M., Sharif Ullah, A. M. M., & Bohez, E. L. J. (2003). Applying linguistic criteria in FMS selection: fuzzy set AHP approach. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 14(3), 247–254.
- Smith, D. J., & Babb, A. H. (1973). *Maintainability Engineering*. New York: John Wiley & Sons.
- Söderholm, P., Holmgren, M., & Klefsjö, B. (2007). A process view of maintenance and its stakeholders. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 13, 1355–2511.
- Suzuki, T. (1994). *TPM in Process Industries*. New York: Productivity Press.
- Takahashi, Y., & Osada, T. (1990). *TPM: Total Productive Maintenance*. Tokyo: Asian Productivity Organization.
- Tsang, A.H.C. (1998). A strategic approach to managing maintenance performance. *Journal of Quality in*

- Maintenance Engineering*, 4(2), 87–94.
- Tsang, A.H.C. (1999). Measuring maintenance performance: a holistic approach. *International Journal of Operations and Production Management*, 19(7), 691–715.
- Tsang, Albert H.C. (2002). *Strategic dimensions of maintenance management*. 8(1), 7–39.
- Vaidya, O. S., & Kumar, S. (2006). Analytic hierarchy process: An overview of applications. *European Journal of Operational Research*, 169, 1–29.
- Wienker, M., Henderson, K., & Volkerts, J. (2016). The Computerized Maintenance Management System an Essential Tool for World Class Maintenance. *Procedia Engineering*, 138, 413–420. Elsevier Ltd.
- Willmott, P., & McCarthy, D. (2001). *TPM: A route to world-class performance*. Delhi: Butterworth-Heinemann.
- Wireman, T. (1992). *Total Productive Maintenance - An American Approach*. New York: Industrial Press, Inc.
- Wireman, T. (2004). *Total Productive Maintenance*. New York: Industrial Press, Inc.
- Wireman, Terry. (2005). *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance* (2nd editio). New York: Industrial Press, Inc.
- Zaim, S., Turkyilmaz, A., Acar, M. F., Al-Turki, U., & Demirel, O. F. (2012). Maintenance strategy selection using AHP and ANP algorithms: a case study. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 18(1), 16–29.
- Zhang, Z., Li, Z., & Huo, Z. (2006). CMMS and its application in power system. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 26, 75–82.

## APÊNDICE I – PROCESSO DE DESENCADEAMENTO DE AÇÃO CORRETIVA

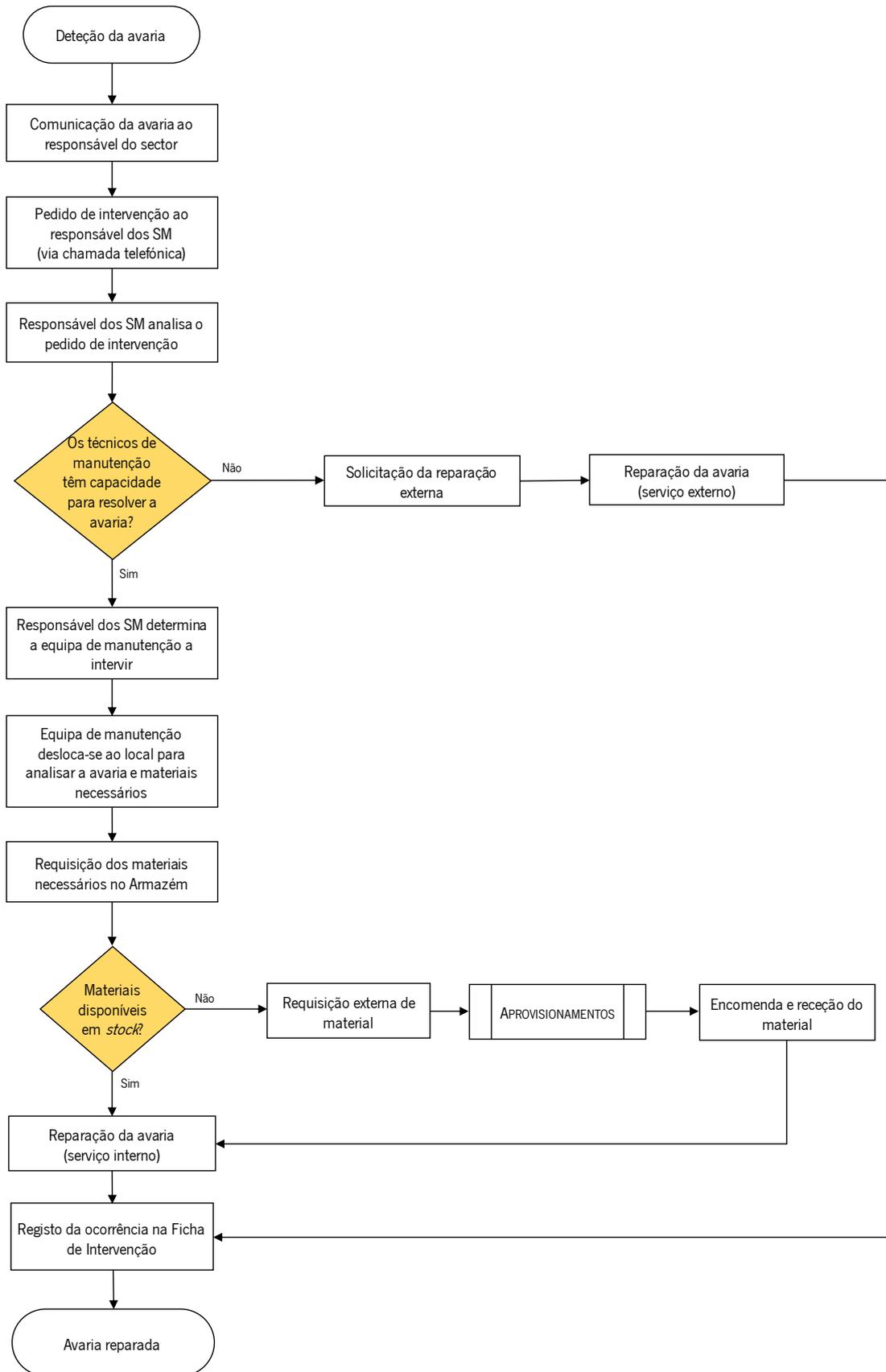


Figura 26 – Fluxograma do processo de desencadeamento de uma ação corretiva.

APÊNDICE II – ANÁLISE ESTRUTURAL DE MÁQUINA DE CORTE DE ESPUMA

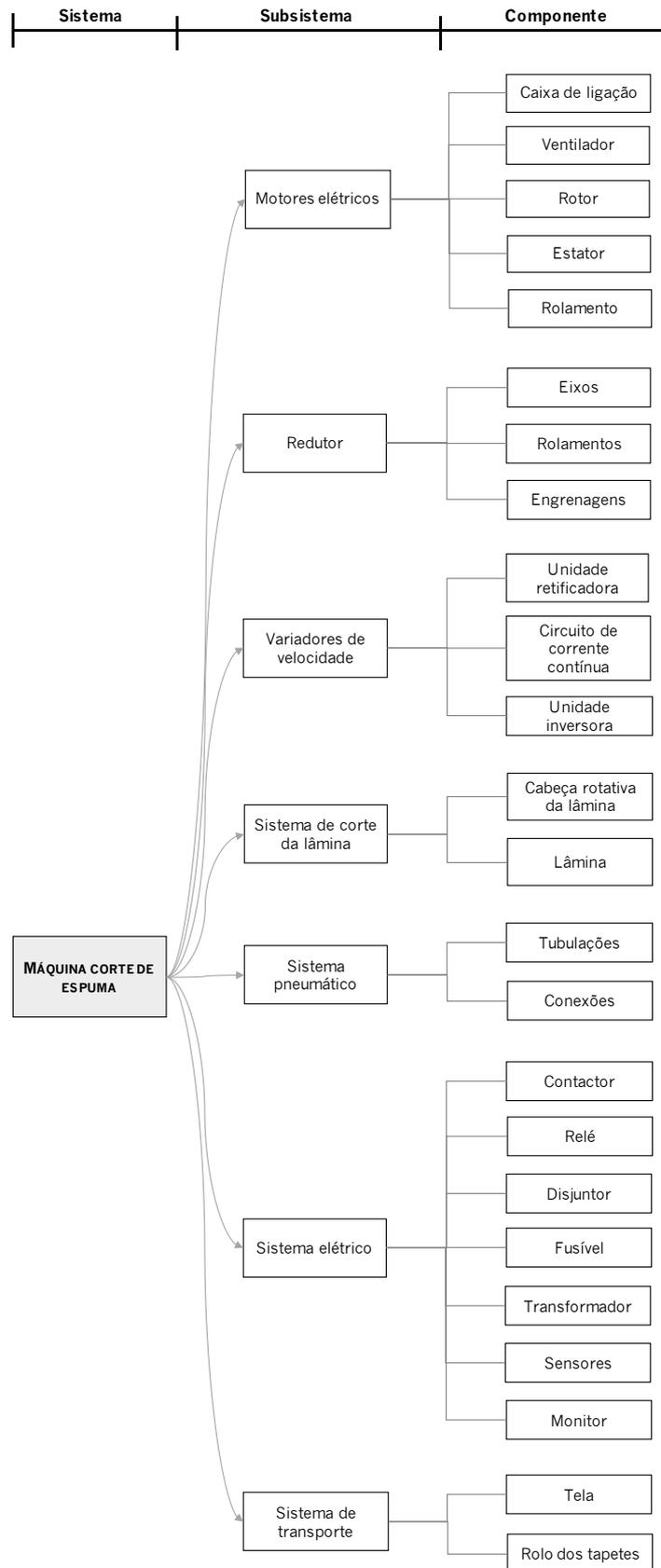
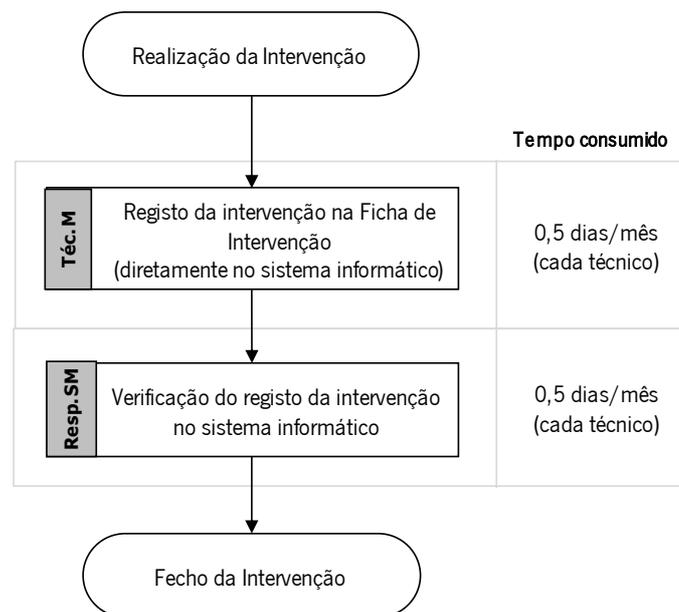


Figura 27 – Diagrama hierárquico em árvore para uma máquina de corte de espuma.

### APÊNDICE III – REDUÇÃO DO TEMPO CONSUMIDO EM PROCESSOS DE REGISTO DA INFORMAÇÃO

De forma a estimar a redução do tempo consumido pelos RH da manutenção em processos de registo e controlo da informação, foi estabelecida a sequência de etapas associadas ao novo sistema de registo das intervenções de manutenção, com a indicação da estimativa dos tempos consumidos, em cada mês, no registo e controlo da informação relativa às intervenções de manutenção (Figura 28).

Na secção 4.2.3, é possível consultar o fluxograma do processo de registo antes da solução proposta (Figura 13).



Legenda: **Téc. M** - Técnico de Manutenção;  
**Resp. SM** - Responsável Serviços Manutenção

**Figura 28** – Fluxograma do processo de registo das intervenções com o novo sistema de registo.

Comparando o processo de registo das intervenções de manutenção conseguido através do novo sistema, com o processo de registo anterior, é possível observar melhorias significativas na redução dos tempos consumidos. O maior impacto reflete-se na eliminação do Fiel de Armazém enquanto intermediário do processo de registo. No processo de registo anterior, o fiel de armazém era responsável por registar a informação recolhida nas Fichas de Intervenção impressas para o sistema informático, no qual consumia 57% do seu tempo total de trabalho. Com o novo sistema de registo, as intervenções passam a ser registadas pelos técnicos de manutenção diretamente no sistema informático, nas Fichas de Intervenção disponíveis em *tablets* industriais. Dessa forma, o fiel de armazém deixa de ser necessário para o processo de registo das intervenções de manutenção (Figura 29).

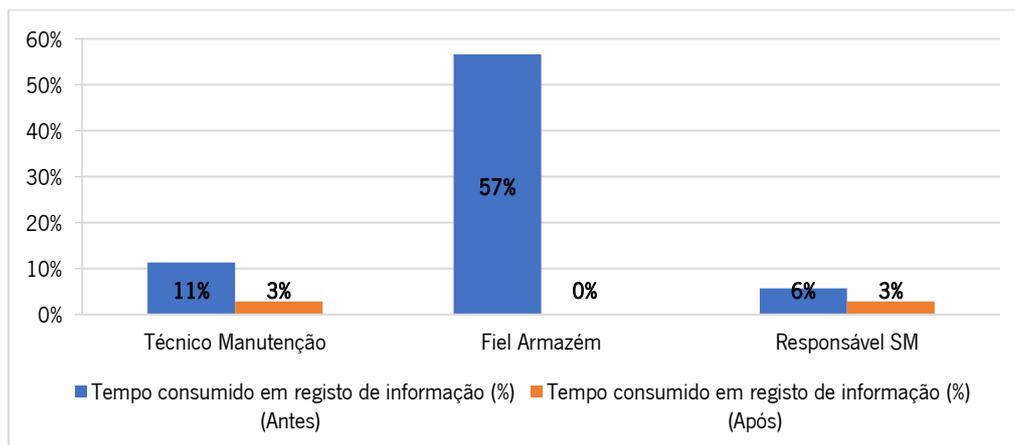


Figura 29 – Gráfico da redução estimada dos tempos de registo e controlo das intervenções, antes e após o novo sistema.

Além disso, é possível observar que o novo sistema de registo permite reduzir em cerca de 75% o tempo consumido pelos técnicos de manutenção. Deste modo, cada técnico passa a consumir apenas 3% do seu tempo em registo de informação, ao invés de consumir 11% (Figura 29). Esta redução foi estimada considerando essencialmente dois fatores: primeiro, com o novo sistema, o registo das intervenções passa a ser feito diretamente no sistema informático, ou seja, é eliminada a necessidade de duplicar a informação do documento pessoal de cada técnico para a respetiva Ficha de Intervenção, o que por si só já reduz em 50% o tempo consumido pelos técnicos de manutenção; em segundo lugar, o que consumia mais tempo aos técnicos era o preenchimento dos dados relativos aos tempos de manutenção em cada intervenção, devido ao facto de cada intervenção envolver por norma mais do que um técnico, o que exigia um esforço elevado por parte dos técnicos para registar devidamente os tempos e evitar enganos. Com o novo sistema de registo, que funciona com base num sistema de código de barras, os tempos de manutenção passam a ser registados automaticamente através do leitor de código de barras, pelo que se dispensa o seu registo manual na Ficha de Intervenção. Assim, esta automatização do processo de registo dos tempos de manutenção, permite reduzir, no mínimo, em 50% o tempo total consumido pelos técnicos de manutenção no registo de informação. Em suma, cada um destes dois fatores permite reduzir em 50% o tempo consumido pelos técnicos de manutenção no registo de informação, o que corresponde a uma redução total de 75% do tempo consumido, passando cada técnico a consumir apenas meio dia por mês em registo de informação, em vez de 2 dias por mês, como acontecia com o processo de registo anterior.

Por fim, o tempo que o responsável dos SM consome a verificar o registo das intervenções no sistema informático também irá ser reduzido. Com o novo sistema de registo, para as intervenções de manutenção preventiva, todas as informações serão passíveis de ser preenchidas automaticamente pelo

sistema informático antes da intervenção ser realizada (no momento em que a Ficha de Intervenção é gerada), pelo que, nestes casos, a verificação por parte do responsável dos SM se torna dispensável. No caso das intervenções de manutenção corretiva, o responsável terá que verificar o preenchimento, por parte dos técnicos de manutenção, dos campos relativos à descrição da avaria, materiais utilizados, tempos de paragem do equipamento e tempos de reparação. Para as intervenções de manutenção de melhoria, visto que se trata de uma intervenção planeada, o responsável dos SM é quem preenche a informação no momento em que gera a Ficha de Intervenção, antes da intervenção ser executada (essas informações englobam o tipo de intervenção, o sector, o equipamento, a solicitação, os materiais previstos e, no campo das observações, a indicação daquilo que motivou a intervenção de melhoria). Tal significa que, para as intervenções de manutenção de melhoria, a verificação por parte do responsável dos SM também será dispensável. Deste modo, o responsável dos SM apenas terá de verificar se o registo das intervenções de manutenção corretiva está a ser devidamente efetuado. Como o volume de intervenções de manutenção preventiva e de melhoria tem sido substancialmente maior do que o volume de intervenções de manutenção corretiva, o responsável dos SM, que antes tinha que verificar a introdução de cada uma das Fichas de Intervenção no sistema informático, passa a ter apenas que verificar a introdução das intervenções de manutenção corretiva, consumindo muito menos tempo na verificação. Assim, considera-se que o tempo consumido pelo responsável dos SM será, no mínimo, reduzido para metade (**Figura 29**).

## APÊNDICE IV – CRITÉRIOS PARA APLICAÇÃO DO AHP

### Performance

Neste critério consideraram-se todas as características intrínsecas de um CMMS que contribuem para o bom desempenho do sistema, permitindo que este cumpra eficazmente a sua função. Assim, um dos subcritérios associados é a adequação à função, que é entendida como o grau pelo qual o sistema dispõe das funções que atendem às necessidades implícitas e manifestadas, quando utilizado em condições especificadas (ISO/IEC 25010, 2011). Ou seja, é avaliada na medida pela qual o sistema cumpre com os requisitos funcionais pretendidos, identificados anteriormente (**Tabela XVI**).

Os módulos disponíveis no sistema é outro dos subcritérios associado à performance, e visa avaliar a quantidade de módulos disponíveis, o seu funcionamento integrado, a sua interligação e completude, através do grau pelo qual o conjunto de funções resultante do seu funcionamento integrado permite abranger todas as funcionalidades especificadas.

A flexibilidade de customização interna, i.e., efetuada dentro da própria empresa, é outra das características que condiciona a performance de um CMMS e, como tal, surge como outro dos subcritérios. Este subcritério será avaliado pela facilidade com que o CMMS poderá ser modificado para se adaptar às necessidades específicas da empresa, sem que haja necessidade de intervenção por parte do fabricante e sem custos adicionais. A customização interna poderá incluir desde alterações de *design* da interface gráfica (e.g., alteração das cores, da disposição do conteúdo, dos menus disponíveis), alteração do *layout* e conteúdo dos documentos e relatórios gerados, alterações de codificação, entre outros.

O subcritério relativo à disponibilidade de atualizações visa averiguar se o CMMS vai apresentando com alguma frequência novas atualizações e versões para instalação, que permitam aumentar o desempenho do sistema em linha com as exigências que vão surgindo com a evolução do estado da arte da gestão da manutenção.

Os relatórios gerados pelo sistema são uma forma de extrair informação consolidada para tomar decisões, e, como tal, a qualidade dos relatórios é uma das características mais importantes de qualquer sistema de gestão, incluindo os CMMSs. Os relatórios podem ser relativos aos indicadores de desempenho, ao histórico de avarias, ao histórico de consumo dos materiais disponíveis em *stocks*, entre outros. Deste modo, outro dos subcritérios visa avaliar os relatórios que podem ser gerados, a sua

fiabilidade e possibilidade de customização (e.g., possibilidade de adicionar indicadores de desempenho que não venham incluídos como padrão).

### **Usabilidade**

Com este critério pretende-se analisar a usabilidade do CMMS, que é entendida como o grau no qual o sistema pode ser utilizado para atingir objetivos específicos com eficácia, eficiência e satisfação, num contexto específico de utilização (ISO/IEC 25010, 2011). A usabilidade depende da facilidade com que se aprende a utilizar o sistema (subcritério) – *learnability* – e da facilidade de utilização numa rotina diária, depois do processo de aprendizagem inicial (subcritério) – *operability* – que irá depender da agilidade de operação e controlo do sistema. Além disso, a usabilidade depende também da interface gráfica do sistema com o utilizador (subcritério), isto é, se é uma interface amigável que permita uma interação agradável e satisfatória para o utilizador (ISO/IEC 25010, 2011).

### **Compatibilidade e Portabilidade**

Com este critério pretende-se avaliar, por um lado, em que medida o CMMS é compatível com outros sistemas informáticos e se poderá funcionar de modo integrado com esses sistemas (subcritério). Neste caso em particular, importa que o CMMS funcione de modo integrado com o ERP empresarial e com o sistema informático de gestão da produção, de modo a que o CMMS possa trocar informações com esses sistemas e utilizar as informações que foram trocadas (esta capacidade é designada, de acordo com a ISO/IEC 25010:2011, como interoperabilidade, uma subcategoria da compatibilidade). Caso se opte por implementar um sistema independente (não integrado no CMMS) para controlo e gestão de *stocks* do armazém da manutenção, o CMMS deverá também funcionar de modo integrado com esse sistema.

O outro subcritério relaciona-se com a portabilidade para dispositivos móveis, que é avaliada pelo grau de eficácia e eficiência com que o sistema poderá ser transferido para outro dispositivo móvel. Este subcritério é relevante para perceber se o CMMS poderá operar num *tablet* industrial, tendo em conta que uma das melhorias que se pretende introduzir com o novo sistema é que o registo das intervenções seja efetuado diretamente pelos técnicos de manutenção no sistema, através de *tablets*.

### **Segurança**

Este critério visa determinar se o CMMS garante o cumprimento das condições de segurança necessárias, nomeadamente no que diz respeito ao estabelecimento de diferentes tipos e níveis de autorização, de modo a que cada interveniente tenha apenas acesso à informação relevante (e.g., os

acessos aos diversos módulos do CMMS poderão diferir, assim como as permissões para edição da informação, etc.). Pretende-se também que fiquem registados os acessos ao sistema. Para tal, será avaliado de que forma o CMMS efetua o controlo de acessos (subcritério).

Outro dos aspetos relacionado com a segurança refere-se à disponibilidade de *backups* (subcritério), que são cópias de segurança efetuadas ao sistema que, em caso de interrupção ou falha no seu funcionamento, permitirão recuperar os dados e restabelecer o estado desejado do sistema.

### **Fatores relacionados com o fornecedor**

A estrutura hierárquica para aplicação do AHP termina com o critério relativo aos fatores relacionados com o fornecedor, que também devem ser tidos em conta no processo de seleção de um CMMS. Pretende-se avaliar se o serviço prestado pelo fornecedor engloba serviços de assistência remota/suporte online (subcritério), bem como a qualidade e a extensão desses serviços. Além disso, pretende-se determinar a proximidade dos locais que prestam assistência técnica no local (subcritério), para que, na eventualidade de surgir alguma anomalia que não seja passível de resolver remotamente, a localização geográfica dos locais de assistência técnica não seja um constrangimento a nível de atrasos na prestação do serviço e encargos adicionais.

Além disso, a reputação e a experiência do fabricante na indústria surgem também como subcritérios que serão alvo de análise. Estes fatores permitem ao comprador aumentar a confiança no momento de aquisição do CMMS, porque são possíveis indicadores do sucesso da comercialização do produto e qualidade associada. Um fabricante com uma maior reputação e experiência na indústria, à partida irá disponibilizar um produto mais adaptado às necessidades e exigências de mercado, que já foi alvo de melhorias identificadas noutros contextos industriais, o que resultará numa otimização do CMMS à realidade da gestão da manutenção das empresas.

Adicionalmente, será analisada a disponibilidade de serviços de treino e consultoria prestados pelo fornecedor (subcritério). Os serviços de treino e consultoria são relevantes para apoiar na instalação do sistema e posterior formação na utilização do mesmo, de modo a que os utilizadores tirem o máximo proveito do total das funcionalidades disponíveis, evitando o risco de uma implementação incipiente e que não permita à empresa perceber os benefícios decorrentes da utilização do sistema. Estes serviços são também relevantes na fase de implementação de atualizações e novas versões, para auxiliar os utilizadores a adaptarem-se ao novo funcionamento do sistema.

## APÊNDICE V – DESCRIÇÃO DOS CMMSs A COMPARAR

### CMMS 1

O CMMS 1 é comercializado por uma empresa portuguesa de consultoria especializada em organização e gestão da manutenção, com mais de 30 anos de experiência no desenvolvimento de soluções orientadas para diversos contextos industriais e com representação em 16 países. Atualmente, o *software* está disponível na sua 6ª versão, com implementação internacional em 75 países, em mais de 50 sectores de atividade diferentes.

O fabricante deste CMMS presta serviços ao nível de consultoria na implementação do sistema e serviços de formação na utilização do mesmo. Além disso, no que se refere ao suporte técnico, dispõe de um atendimento permanente prestado por técnicos especializados. O suporte técnico é certificado no âmbito da ISO 9001 e engloba o suporte via plataforma do fabricante (para comunicação de erros e *bugs*), por email, por telefone e o suporte remoto por partilha de ecrã. Para efeitos de serviços de assistência técnica no local, a empresa terá de encaminhar técnicos especializados a partir da sua sede, localizada em Lisboa.

Este sistema foi desenvolvido com recurso às tecnologias de Microsoft .NET e SQL Server, cumprindo os critérios de certificação da Plataforma Microsoft para desenvolvimento de aplicações, e possui uma interface gráfica com o utilizador alinhada com as práticas típicas das soluções Microsoft.

O módulo padrão deste CMMS é o módulo de Manutenção, integrado com o módulo de Pedidos de Manutenção (módulo periférico e independente). Além destes, existem outros módulos adicionais que poderão ser adquiridos com um investimento adicional, entre eles o módulo de Custos e Controlo Orçamental, o módulo de Gestão de Armazéns, integrado com o módulo de Pedidos ao Armazém (módulo periférico e independente) e, por fim, o módulo de Gestão de Encomendas, integrado com o módulo de Pedidos de Compra (módulo periférico e independente).

O módulo de manutenção engloba as seguintes funcionalidades: codificação e registo de ativos; codificação dos materiais utilizados nas intervenções de manutenção (inclui apenas a estruturação em árvore dos materiais e respetiva codificação sob a forma de classe, família e subfamília; exclui a sua gestão); planeamento e programação das intervenções de manutenção preventiva; elaboração de instruções de trabalho da manutenção; gestão das ordens de trabalho (emissão e registo da intervenções); visualização da estrutura hierárquica dos equipamentos com identificação dos modos de falha; cálculo e monitorização dos indicadores de desempenho, com a possibilidade de adicionar novos

indicadores além daqueles calculados automaticamente pelo sistema; emissão de relatórios de análise: relatórios financeiros (com indicação dos custos de mão-de-obra, materiais e serviços; contudo, os custos de materiais e serviços só são reportados se forem adquiridos os módulos adicionais de gestão de armazéns e gestão de encomendas) e relatórios de trabalhos por sector, por tipo de trabalho ou por tipo de equipamento.

O módulo de pedidos de manutenção funciona de forma integrada com o módulo de manutenção, contudo, é um módulo que é executado fora do módulo principal, de forma autónoma. Este módulo serve para os técnicos de manutenção efetuarem um pedido de intervenção de uma forma simples, quando uma avaria ocorre. Para tal, preenchem os campos relativos à descrição da avaria (por exemplo, avaria no ar condicionado), a data e hora do pedido e a indicação do sector e o equipamento onde a avaria ocorreu. Os pedidos que são desencadeados dão entrada no módulo principal de manutenção, onde são geridos. O responsável da manutenção deverá proceder à aprovação ou rejeição desse pedido. A aprovação do pedido é efetuada por emissão de uma ordem de trabalho. A utilização deste módulo de pedidos de manutenção permite usufruir do cálculo automático do indicador de tempo de espera (MWT), que é calculado automaticamente pela diferença entre a data do pedido de intervenção e a data de emissão da ordem de trabalho.

Para aceder ao CMMS a partir de um dispositivo móvel, é necessário adquirir a aplicação *Mobile*. Com esta aplicação, os responsáveis e os técnicos podem aceder ao sistema a partir de qualquer dispositivo móvel, desde que tenham acesso à internet (para ligar a aplicação à base de dados.). Assim, cada técnico de manutenção pode proceder ao pedido de manutenção em tempo real, visualizar todas as ordens de trabalho que lhe foram afetas, atualizar o estado da intervenção em tempo real (em curso, terminada) e efetuar os registos associados às ordens de trabalho logo após terem sido executadas as intervenções, de modo a que a informação fica atualizada em tempo real no sistema.

## **CMMS 2**

O CMMS 2 é comercializado por um fornecedor que possui representação em 8 países diferentes. Em Portugal, o edifício que se encontra mais próximo da empresa em estudo no presente trabalho, localiza-se na cidade de Braga. Este fornecedor desenvolve soluções de gestão empresarial orientadas para a indústria, incluindo este sistema de gestão da manutenção (CMMS), mas também sistemas de ERP, logística e gestão de RH e conta com mais de 20 anos de experiência no desenvolvimento destas soluções. Atualmente, o CMMS foi implementado em 10 países diferentes.

O fornecedor deste CMMS disponibiliza serviços de formação na utilização do sistema, em diversas modalidades: formação remota (para as empresas que têm urgência em começar a utilizar o sistema); formação presencial (nas instalações da empresa) e formação à medida (ajustada consoante os objetivos pretendidos pelo cliente). No que se refere à implementação do sistema, caso solicitado, o fornecedor poderá atribuir um técnico especializado que forneça o suporte online necessário durante a configuração da conta. Os serviços de formação são ministrados por consultores com experiência em gestão da manutenção.

O suporte técnico pode ser solicitado por email ou por telefone. O pedido de assistência tem que ser atendido num prazo máximo de 24 horas e pode desencadear um serviço de assistência técnica remota ou no local. A assistência técnica no local será efetuada por um técnico especializado, encaminhado a partir das instalações do fornecedor mais próximas das instalações do cliente.

O CMMS 2 apresenta uma versão *web*, que poderá ser instalada numa nuvem pública ou privada (*cloud computing*) ou, em alternativa, possui uma versão para instalação local, nos servidores do cliente. No primeiro caso, o CMMS fica na nuvem e é disponibilizado como um serviço, em que a empresa terá de efetuar o pagamento mensal da assinatura para usufruir do sistema através da internet. No segundo caso, o CMMS funciona como um produto, que é instalado nos servidores locais da empresa, que terá de efetuar o pagamento de uma licença (anual). Quando o CMMS está a funcionar na nuvem, o pagamento mensal da assinatura garante que tudo estará incluído, desde o suporte técnico, a instalação, a atualização, a segurança de dados e infraestrutura necessária. Neste último caso não é necessário a instalação do CMMS. Ao subscrever esta solução, o cliente recebe os dados de acesso e acede ao sistema num equipamento com ligação à internet. Além disso, a assinatura mensal inclui a manutenção do sistema e a realização de *backups* automáticos, o que garante uma maior segurança dos dados e a disponibilidade de atualizações contínuas.

A subscrição/aquisição deste CMMS pode ser feita de acordo com 3 planos, com diferentes valores de investimento. O plano mais básico (padrão) engloba as funcionalidades de gestão de ativos (registo, caracterização e localização dos ativos), controlo de avarias (engloba a gestão de ordens de trabalho e a elaboração de relatório de trabalho para as intervenções de manutenção corretiva; exclui o planeamento, programação e registo da manutenção preventiva), gestão de inventário e gestão de recursos (gestão das entradas e saídas de armazém; centros de trabalho; colaboradores internos e externos; especialidades, competências e qualificações). O plano intermédio, além das funcionalidades anteriores, permite efetuar o planeamento e programação da manutenção preventiva, a gestão das ordens de trabalho (atribuição e

execução das ordens de trabalho e relatórios de trabalho, para a manutenção corretiva e preventiva) e a gestão de contratos (com clientes, fornecedores e de garantia). O plano mais avançado, além das funcionalidades suportadas pelos dois planos anteriores, inclui o módulo de análise, cálculo e monitorização dos indicadores de desempenho (análises apresentadas em *dashboards*; monitorização de indicadores de desempenho normalizados, ou seja, referidos na norma NP EN 15341:2009, incluindo o MTTR, o MTBF, o MWT, entre outros; é também possível criar novos indicadores) e permite adicionar informações relativas à segurança de cada ativo (na ficha de cada ativo é adicionada informação a considerar pelas equipas técnicas, aquando das intervenções – equipamento de proteção individual ou particularidades do ativo a ter em consideração durante as intervenções). Este plano permite ainda a customização de suportes (instruções de trabalho, ordens de trabalho, relatórios) e a customização da interface gráfica. Outra particularidade deste plano é que permite personalizar as integrações com outros sistemas via API (*Application Programming Interface*). A solução está otimizada para integrar de forma nativa com o ERP do fornecedor deste sistema, contudo, é possível também integrar com qualquer outro ERP ou sistema de gestão instalado na empresa.

Apesar deste sistema possuir uma modalidade que funciona inteiramente por via *web*, não está otimizado para utilização em dispositivos móveis, como é o caso do *tablet* e *smartphone*. Para isso, tem que ser instalada a aplicação *Mobile*, que poderá ser adquirida em qualquer um dos três planos, com um custo adicional associado. As funcionalidades disponíveis na aplicação *Mobile* englobam a gestão de ativos (registo de ativos e localizações; registar ou ler informações de ativos com etiquetas NFC ou RFID; acompanhar em tempo real as localizações dos ativos no mapa), o registo dos trabalhos (visualização das ordens de trabalho atribuídas; registo em tempo real da execução das ordens de trabalho pelos técnicos de manutenção), os pedidos de manutenção e, por fim, a gestão de trabalhos (gestão das ocorrências e plano de manutenção preventiva; aprovação dos pedidos de manutenção; atribuição das ordens de trabalho aos técnicos; consulta de relatórios; visualização do estado das intervenções).

Cada um dos três planos visa o pagamento de um valor fixo, com um acréscimo de preço por cada utilizador adicional. Caso se opte pela instalação na nuvem (*cloud computing*), cada plano pressupõe o pagamento de uma assinatura mensal fixa. No caso da instalação local nos servidores da empresa, é necessário efetuar o pagamento de uma licença anual, em que o valor da licença varia conforme o plano. A aplicação *Mobile* pode ser adquirida adicionalmente a qualquer um dos planos, e em qualquer modalidade (instalação na nuvem ou nos servidores da empresa), com um custo mensal fixo adicional.

### CMMS 3

O CMMS 3 é fornecido por uma empresa especializada no desenvolvimento de *software* e prestação de serviços de consultoria para diferentes sectores de atividade, nomeadamente para a indústria e serviços, que permanece no mercado há cerca de 19 anos. Esta atividade visa o desenvolvimento de soluções informáticas de gestão, orientadas com as necessidades das organizações. Este fornecedor comercializa um sistema informático de ERP, que engloba os sistemas de gestão comercial e orçamentação, gestão da produção, gestão administrativa e financeira, gestão de *stocks* e compras, gestão da manutenção, controlo da qualidade, entre outros. Contudo, não é obrigatório a implementação de todas as funcionalidades. Pode optar-se por seleccionar apenas um dos sistemas para implementação. Até à data, o ERP foi implementado em 20 países diferentes.

O fornecedor deste sistema é certificado pela ISO 9001:2015 e pela NP 4457 (Sistemas de Gestão da Investigação, Desenvolvimento e Inovação) e possui representação em 5 países, com sede em Portugal, no Porto. Os serviços de consultoria são realizados por técnicos especializados na área em questão e abrangem o aconselhamento de melhores práticas e posterior levantamento de requisitos para a proposta de uma solução o mais adequada possível ao contexto organizacional. A formação na utilização do CMMS, assim como o suporte técnico, também são garantidos pelo fornecedor. O suporte técnico engloba serviços de assistência técnica remota ou no local. O pedido de assistência pode ser solicitado por telefone, email ou por via da plataforma do fornecedor, que dispõe de um departamento exclusivo de apoio ao cliente, com um centro de atendimento “Customer Care”.

O sistema de gestão da manutenção pode ser adquirido individualmente, sem a necessidade de aquisição de outros sistemas do ERP. Este sistema, desenvolvido com recurso a uma base de dados em SQL Server, funciona exclusivamente numa plataforma *web (cloud computing)* e está otimizado de modo a que todas as funcionalidades estejam disponíveis a partir de qualquer dispositivo móvel, não sendo necessário a aquisição de uma aplicação adicional para funcionamento em *tablets* e *smartphones*. Engloba funcionalidades como a estruturação em árvore dos equipamentos (visualização gráfica da árvore do equipamento, sob a forma de sistema, subsistema e componente, com a possibilidade de associar planos de manutenção dirigidos a cada uma das partes), pedidos de manutenção (solicitação de intervenção após ocorrência de uma avaria), gestão das ordens de trabalho, registo das intervenções de manutenção, planeamento e programação das intervenções de manutenção preventiva (o planeamento é realizado com recurso a um diagrama de Gantt, que pode ser articulado com o planeamento da produção, caso seja adquirido o módulo complementar de gestão da produção), gestão de *stocks* (permite definir a árvore de componentes para cada um dos ativos, fazer a incorporação de

materiais numa determinada intervenção e gerir as entradas e saídas do armazém de manutenção, caso seja adquirido o módulo complementar de gestão de *stocks* e compras), controlo de atividades subcontratadas (caso seja adquirido o módulo complementar de gestão de *stocks* e compras), registo de informação documentada (permite anexar todo o tipo de documentos à ficha do ativo, ao plano de manutenção e à ordem de manutenção), gestão de relatórios (*dashboards* de indicadores de desempenho como a taxa de avarias, a duração e número de intervenções de cada tipo, a taxa de avarias, o MTTR, o MWT e o MTBF; relatórios do histórico de intervenções de um ativo; relatório dos tempos de manutenção por colaborador e por ativo; relatórios de previsões de manutenção e custos).

Por se tratar de um CMMS que funciona numa plataforma *web*, a manutenção do sistema, a realização de *backups* automáticos e as atualizações contínuas são asseguradas na sua totalidade pelo fornecedor.

## APÊNDICE VI – MATRIZES DE COMPARAÇÃO DOS SUBCRITÉRIOS

Tabela XXII – Matriz de comparação dos subcritérios do Critério A (Performance).

Critério A – Performance							Prioridade local	Prioridade global
	Critério A.1	Critério A.2	Critério A.3	Critério A.4	Critério A.5			
Critério A.1	1	1	7	5	5	0,386	0,176	
Critério A.2	1	1	7	5	5	0,386	0,176	
Critério A.3	1/7	1/7	1	1/3	1/3	0,043	0,019	
Critério A.4	1/5	1/5	3	1	1	0,092	0,042	
Critério A.5	1/5	1/5	3	1	1	0,092	0,042	

IC = 0,036 RC = 3,20 %

Tabela XXIII – Matriz de comparação dos subcritérios do Critério B (Usabilidade).

Critério B – Usabilidade					Prioridade local	Prioridade global
	Critério B.1	Critério B.2	Critério B.3			
Critério B.1	1	1/5	1		0,143	0,010
Critério B.2	5	1	5		0,714	0,051
Critério B.3	1	1/5	1		0,143	0,010

IC = 0,000 RC = 0,00 %

Tabela XXIV – Matriz de comparação dos subcritérios do Critério C (Compatibilidade e Portabilidade).

Critério C – Compatibilidade e Portabilidade				Prioridade local	Prioridade global
	Critério C.1	Critério C.2			
Critério C.1	1	1/5		0,167	0,036
Critério C.2	5	1		0,833	0,180

IC = NA RC = NA

Tabela XXV – Matriz de comparação dos subcritérios do Critério D (Segurança).

Critério D – Segurança				Prioridade local	Prioridade global
	Critério D.1	Critério D.2			
Critério D.1	1	1		0,500	0,095
Critério D.2	1	1		0,500	0,095

IC = NA RC = NA

Tabela XXVI – Matriz de comparação dos subcritérios do Critério E (Fatores relacionados com o fornecedor).

Critério E – Fatores relacionados com o fornecedor						
	Critério E.1	Critério E.2	Critério E.3	Critério E.4	Prioridade local	Prioridade global
Critério E.1	1	1/3	3	5	0,569	0,038
Critério E.2	3	1	7	9	0,128	0,009
Critério E.3	1/3	1/7	1	3	0,066	0,004
Critério E.4	1/5	1/9	1/3	1	0,237	0,016

IC = 0,060 RC = 6,62 %

APÊNDICE VII – ESTRUTURA HIERÁRQUICA DO AHP COM VALORES DE PRIORIDADE

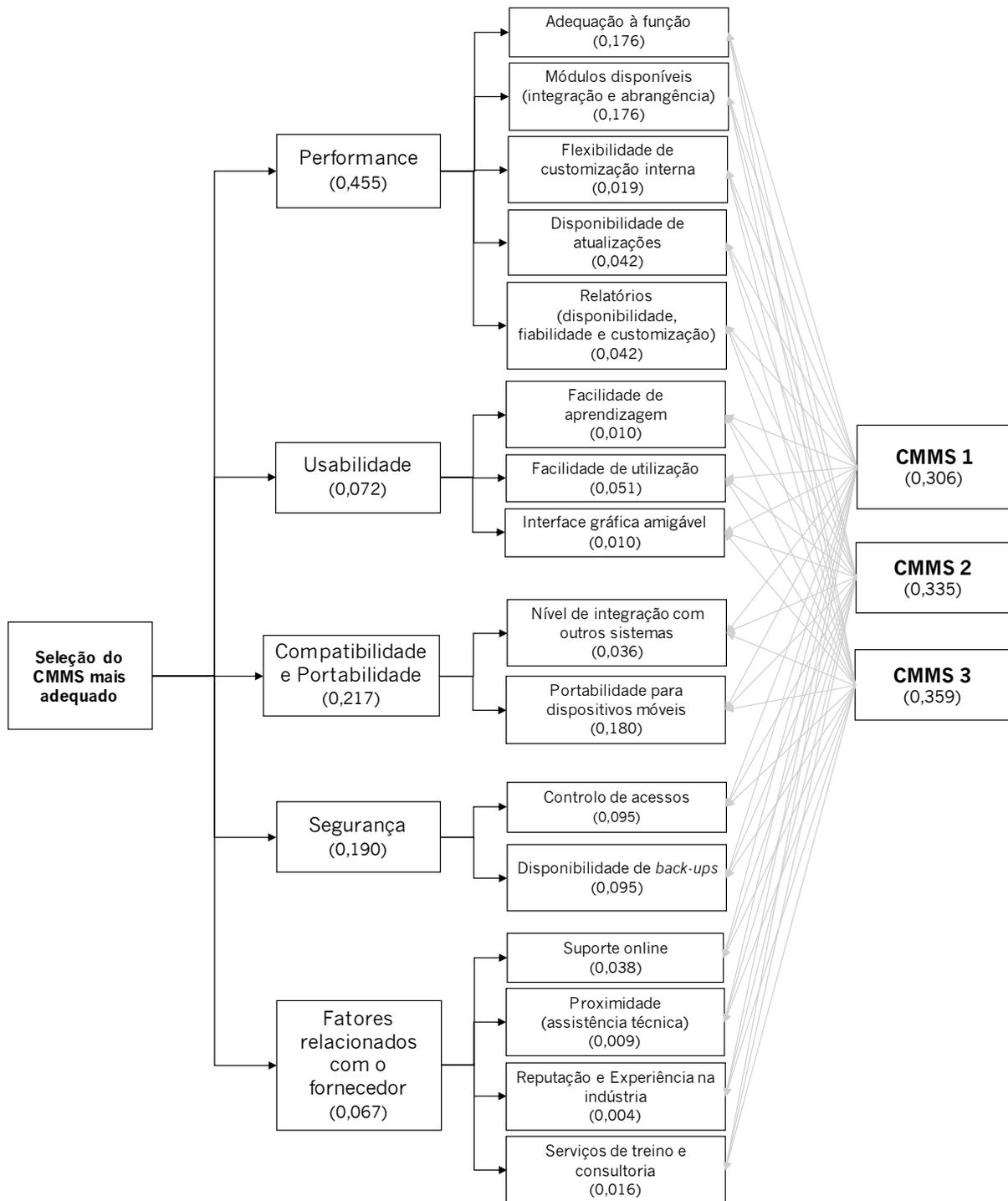


Figura 30 – Estrutura hierárquica com indicação dos valores de prioridade.

## APÊNDICE VIII – MATRIZES DE COMPARAÇÃO DOS CMMS

Tabela XXVII – Matrizes de comparação dos CMMS para cada subcritério.

<b>Critério A.1 – Adequação à função</b>					<b>Critério A.2 – Módulos disponíveis</b>				
	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade		CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	1/3	3	0,260	CMMS 1	1	5	1	0,455
CMMS 2	3	1	5	0,633	CMMS 2	1/5	1	1/5	0,091
CMMS 3	1/3	1/5	1	0,106	CMMS 3	1	5	1	0,455
IC = 0,028    RC = 4,77 %					IC = 0,000    RC = 0,00 %				
<p>O CMMS 2 apresenta características diferenciadoras em relação às outras alternativas: permite inserir as instruções e condições de segurança na ficha de cada ativo, incluindo os EPIs a utilizar (símbolos); registar ou ler informações de ativos com etiquetas de código de barras, NFC ou RFID e acompanhar em tempo real as localizações dos ativos no mapa. O CMMS 1, apesar de não possui estas funcionalidades, possui algumas características diferenciadoras em relação ao CMMS 3, tais como: a criação de regras de envio automático de e-mails para novos pedidos de manutenção, novas ordens de trabalho, etc., e a construção de indicadores pelo próprio utilizador, através de um editor de fórmula.</p>					<p>Todos os CMMSs dispõem dos mesmos módulos. Contudo, o acesso aos módulos depende do tipo de licença ou assinatura estabelecida com o fornecedor. No caso do CMMS 2 é necessário adquirir o plano mais avançado para ter acesso ao módulo de análise, que engloba o cálculo e monitorização dos indicadores de desempenho, enquanto nos CMMS 1 e CMMS 3 esta é uma funcionalidade padrão que não requer um investimento adicional. O cálculo e monitorização de indicadores de desempenho é uma das principais funcionalidades um de CMMS, contudo, para o CMMS 2 esta funcionalidade só é adquirida com o plano mais avançado, cujo custo de aquisição é mais elevado do que o custo base (sem aquisição dos módulos adicionais) dos CMMS 1 (comparando o valor da assinatura mensal do CMMS 2 com o custo mensal calculado a partir do valor da licença anual do CMMS 1) e CMMS 3 (comparando os valores das assinaturas mensais).</p>				
<b>Critério A.3 – Flexibilidade de customização interna</b>					<b>Critério A.4 – Disponibilidade de atualizações</b>				
	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade		CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	3	7	0,643	CMMS 1	1	1/9	1/9	0,053
CMMS 2	1/3	1	5	0,283	CMMS 2	9	1	1	0,474
CMMS 3	1/7	1/5	1	0,074	CMMS 3	9	1	1	0,474
IC = 0,048    RC = 8,34 %					IC = 0,000    RC = 0,00 %				
<p>O CMMS 3 é um sistema que funciona a 100% por via de uma plataforma <i>web</i> (SaaS - <i>Software As a Service</i>). Um sistema nesta modalidade é muito mais difícil de customizar do que um sistema local instalado nos servidores da empresa (SaaS - <i>Software as a Product</i>).</p> <p>O CMMS 1, como é um sistema local, apresenta uma maior facilidade de customização interna. O CMMS 2, apesar de apresentar uma modalidade que funciona como um sistema local, só permite efetuar customizações se for adquirido o plano mais avançado, cujo custo da licença anual é superior em relação ao CMMS 1.</p>					<p>Os sistemas que funcionam em plataforma <i>web</i> (SaaS) permitem atualizações periódicas e incluídas na assinatura mensal, o que garante a constante atualização do sistema. Nesse sentido, o CMMS 3 e o CMMS 2 (na modalidade <i>web</i>) são melhores do que o CMMS 1 que, tratando-se de um sistema local, disponibiliza atualizações com menos frequência, podendo necessitar de um investimento adicional para instalação das mesmas.</p>				

**Critério A.5 – Relatórios**

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	5	3	0,633
CMMS 2	1/5	1	1/3	0,106
CMMS 3	1/3	3	1	0,260
		IC = 0,028 RC = 4,77 %		

No que se refere à disponibilidade de relatórios, os CMMS 1 e CMMS 3 estão parametrizados para gerar relatórios de trabalho, financeiros e de histórico de manutenção (funcionalidade padrão, sem custos adicionais). Por outro lado, o CMMS 2 só permite gerar relatórios de trabalho individuais, para cada intervenção, a menos que seja adquirido o plano mais avançado. Com a aquisição do plano mais avançado, é possível customizar e criar relatórios personalizados, incluindo relatórios financeiros e de histórico de manutenção, no entanto, não estão previamente parametrizados pelo sistema, o que poderá constituir uma dificuldade acrescida.

Em todos os casos, a fiabilidade dos relatórios é questionável, visto que alguns dados estão omissos caso não sejam adquiridos os módulos adicionais (CMMS 1 e CMMS 3) ou o plano intermédio e mais avançado (CMM 3). Por exemplo, para os CMMS 1 e CMMS 3, os relatórios financeiros não incluem os custos de materiais se não for adquirido o módulo de gestão de *stocks*. No que se refere à customização, os CMMS 1 e CMMS 2 são os que permitem uma maior customização dos relatórios gerados.

**Critério B.2 – Facilidade de utilização**

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	5	9	0,748
CMMS 2	1/5	1	3	0,180
CMMS 3	1/9	1/3	1	0,071
		IC = 0,026 RC = 4,49 %		

De entre os três CMMSs, o CMMS 1 revelou ser o mais fácil de utilizar, devido à melhor organização dos conteúdos e funcionalidades, o que permite operacionalizar o sistema de modo mais eficiente. Entre o CMMS 2 e CMMS 3, o CMMS 2 mostrou ser mais fácil de utilizar.

**Critério B.1 – Facilidade de aprendizagem**

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	3	3	0,600
CMMS 2	1/3	1	1	0,200
CMMS 3	1/3	1	1	0,200
		IC = 0,000 RC = 0,00 %		

Determinou-se que o CMMS 1 é ligeiramente mais fácil de aprender a utilizar do que os CMMS 2 e CMMS 3, devido ao seu carácter mais intuitivo por recurso a simbologia apropriada. Entre os CMMS 2 e CMMS 3, considerou-se que a facilidade de aprendizagem era semelhante.

**Critério B.3 – Interface gráfica amigável**

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	1/3	5	0,283
CMMS 2	3	1	7	0,643
CMMS 3	1/5	1/7	1	0,074
		IC = 0,048 RC = 8,34 %		

O CMMS 2 apresenta uma interface gráfica bastante amigável, assim como o CMMS 1. Contudo, com o CMMS 2 é possível que o próprio utilizador customize a interface gráfica (adquirindo o plano mais avançado). Com o CMMS 1, tal não é possível de fazer pelo utilizador.

O CMMS 3 é o que dispõe de uma interface gráfica menos amigável.

**Critério C.1 – Nível de integração com outros sistemas**

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	1/3	1	0,200
CMMS 2	3	1	3	0,600
CMMS 3	1	1/3	1	0,200
		IC = 0,000		RC = 0,00 %

Estes três CMMSs podem ser integrados com o sistema de ERP empresarial, com o sistema informático de gestão da produção ou outro qualquer pretendido pela empresa. Essa integração é efetuada por via de APIs (*Application Programming Interface*). Contudo, estas integrações dependem diretamente da especificidade de cada sistema e, como tal, têm que ser personalizadas para cada um dos sistemas que se pretende integrar, o que envolve custos adicionais. O CMMS 2 foi melhor classificado visto que o serviço de personalização das integrações com outros sistemas está incluído no plano mais avançado, enquanto que no CMMS 1 e CMMS 3, essa personalização iria incorrer em custos significativamente superiores.

**Critério C.2 – Portabilidade para dispositivos móveis**

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	1	1/5	0,143
CMMS 2	1	1	1/5	0,143
CMMS 3	5	5	1	0,714
		IC = 0,000		RC = 0,00 %

A portabilidade para dispositivos móveis é uma funcionalidade suportada pelos três CMMSs. O CMMS 1 e o CMMS 2, para que funcionem em dispositivos móveis, requerem a aquisição de uma aplicação *Mobile*, com custos adicionais associados. No caso do CMMS 3, a plataforma *web* encontra-se devidamente otimizada para funcionamento em dispositivos móveis, o que dispensa custos adicionais.

**Critério D.1 – Controlo de acessos**

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	1/3	3	0,260
CMMS 2	3	1	5	0,633
CMMS 3	1/3	1/5	1	0,106
		IC = 0,028		RC = 4,77 %

Os três CMMSs permitem gerir os acessos dos utilizadores do sistema, bem como a extensão do acesso (e.g., seleção dos módulos a que têm acesso; seleção do tipo de permissão, i.e., se pode ver, editar, etc.), através do registo de utilizadores e controlo por palavras-passe. O CMMS 1 e o CMMS 2 possuem uma funcionalidade adicional, designada por "audit log", que permite consultar qual o utilizador que efetuou determinadas operações, e a data e hora das mesmas. O CMMS 1 dispõe desta funcionalidade apenas para consulta das operações efetuadas nas ordens de trabalho, enquanto o CMMS 2 dispõe desta funcionalidade aplicada a todas as operações efetuadas no sistema.

**Critério D.2 – Disponibilidade de *backups***

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	1/7	1/7	0,067
CMMS 2	7	1	1	0,467
CMMS 3	7	1	1	0,467
		IC = 0,000		RC = 0,00 %

O CMMS 1 é um sistema local (SaaS), enquanto os CMMS 2 e CMMS 3 podem funcionar numa plataforma *web* (SaaS). Para os SaaS, os *backups* são automáticos e da responsabilidade do fornecedor, o que garante uma maior segurança dos dados. Para os SaaS, os *backups* têm de ser realizados pela própria empresa, o que requer disponibilidade e está mais sujeito a erros por intervenção humana.

**Critério E.1 – Suporte online**

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	5	1	0,455
CMMS 2	1/5	1	1/5	0,091
CMMS 3	1	5	1	0,455

IC = 0,000 RC = 0,00 %

Os fornecedores dos CMMS 1 e CMMS 3 dispõem de um serviço permanente de atendimento e apoio ao cliente, certificado no âmbito da ISO 9001. O suporte técnico pode ser efetuado por via da plataforma do fabricante, por telefone ou por email, podendo desencadear uma necessidade de assistência técnica remota ou no local. O fornecedor do CMMS 2 não dispõe de um serviço permanente e exclusivo de apoio ao cliente. Neste caso, o suporte técnico é prestado pelos técnico-comerciais, que efetuam o suporte ao cliente tendo como regra que o pedido de assistência tem que ser atendido num prazo máximo de 24 horas.

**Critério E.2 – Proximidade (assistência técnica)**

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	1/3	1/9	0,071
CMMS 2	3	1	1/5	0,180
CMMS 3	9	5	1	0,748

IC = 0,026 RC = 4,49 %

A classificação dos CMMSs neste subcritério foi efetuada avaliando a distância entre as instalações do fornecedor para efeitos de assistência técnica no local e as instalações da empresa. Os locais mais próximos pelos quais os fornecedores podem deslocar um técnico especializado para assistência técnica são: CMMS 1 - Lisboa; CMMS 2 - Braga e CMMS 3 - Porto.

**Critério E.3 – Reputação e Experiência na indústria**

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	3	5	0,633
CMMS 2	1/3	1	3	0,260
CMMS 3	1/5	1/3	1	0,106

IC = 0,028 RC = 4,77 %

Considerou-se que o fornecedor do CMMS 1 é aquele cuja reputação e experiência na indústria é mais elevada. O fornecedor deste CMMS é o que tem mais tempo de experiência na indústria e aquele que é mais reconhecido internacionalmente, tendo em conta que o CMMS 1 já foi implementado em 75 países diferentes, enquanto o CMMS 2 só foi implementado em 10 países e o ERP do CMMS 3 foi implementado em 20 países (desconhecendo-se, neste último caso, em que situações o módulo da gestão da manutenção foi implementado).

Entre o fornecedor do CMMS 2 e do CMMS 3, o tempo de experiência na indústria é praticamente equivalente, contudo, o CMMS 2 conta com uma representação internacional em 8 países, enquanto o CMMS 3 apenas é representado em 5 países.

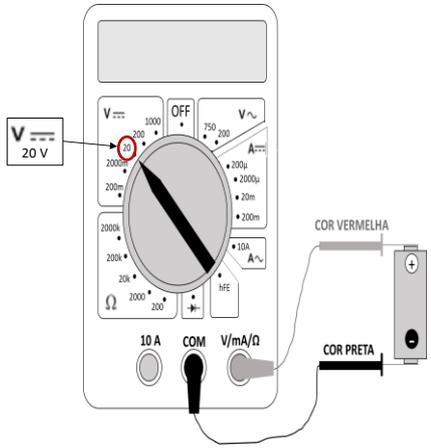
**Critério E.4 – Serviços de treino e consultoria**

	CMMS 1	CMMS 2	CMMS 3	Prioridade
CMMS 1	1	3	1	0,429
CMMS 2	1/3	1	1/3	0,143
CMMS 3	1	3	1	0,429

IC = 0,000 RC = 0,00 %

Todos os fornecedores prestam serviços de formação na utilização do sistema. Contudo, apenas os fornecedores dos CMMS 1 e CMMS 3 prestam serviços de consultoria especializada em gestão da manutenção.

APÊNDICE IX – EXEMPLO DE INSTRUÇÃO DE TRABALHO REFORMULADA

<b>INSTRUÇÃO DE TRABALHO</b>		Aprovação:	Revisão: 0
<LOGOTIPO>	Manutenção Preventiva Sistemática		Data: 16/05/2019
<b>EQUIPAMENTO/INFRAESTRUTURA:</b> Baterias (PLC, conversores e touchscreens)		(Responsável SM)	Página 1 de 1
<b>PRECAUÇÕES DE SEGURANÇA e AMBIENTAIS</b>			
<b>CONDIÇÕES GERAIS</b> ▪ Manter a bateria limpa e seca durante e após a medição da tensão; ▪ Caso a bateria se encontre danificada, não efetuar a medição e alertar o responsável da manutenção; ▪ Não realizar as medições com as mãos molhadas.		<b>UTILIZAÇÃO DO VOLTÍMETRO</b> ▪ Não utilizar o voltímetro em áreas com gases explosivos, vapores ou sujidade; ▪ Não tocar nas pontas de carga durante a medição da tensão.	 *Luvas de látex
<b>TAREFAS</b>			
<b>Periodicidade:</b> Trimestral <b>Responsável:</b> <input type="checkbox"/> Operador <input checked="" type="checkbox"/> Manutenção		<b>Duração prevista:</b> 1 Hora   <b>HH:</b> 1	
<b>Ações</b>	<b>Materiais necessários</b>	<b>Imagem/Fotografia</b>	
1. Medição da tensão da Bateria dos Conversores FK62 (4 pilhas 3,6 V) 2. Medição da tensão da Bateria do PLC da Looper (2 pilhas 3,6 V) 3. Medição da tensão da Bateria do touchscreen da Looper (1 pilha 3,6 V) 4. Medição da tensão da Bateria do touchscreen da IS/BA (P2-T1) (1 pilha 3,6 V) 5. Medição da tensão da Bateria do touchscreen da ABLG (P2-T1) (1 pilha 3,6 V) 6. Medição da tensão da Bateria do PLC da ABLG (P2-T1) (1 pilha 3,6 V) 7. Medição da tensão da Bateria do touchscreen da BST (1 pilha 3,6 V) 8. Medição da tensão da Bateria do PLC da BST (1 pilha 3,6 V) 9. Medição da tensão da Bateria do PLC da máquina de embalar rolos (1 pilha 3,6 V) 10. Medição da tensão da Bateria PLC da linha de colagem (Quadro ROBOT) (1 pilha 3,6 V)	Voltímetro ou Multímetro		
<b>OBS:</b> Caso os valores da tensão das baterias sejam inferiores ao especificado, substituir.			
<b>Periodicidade:</b> Anual <b>Responsável:</b> <input type="checkbox"/> Operador <input checked="" type="checkbox"/> Manutenção		<b>Duração prevista:</b> 1 Hora   <b>HH:</b> 1	
<b>Ações</b>	<b>Materiais necessários</b>	<b>Imagem/Fotografia</b>	
1. Substituição de todas as baterias indicadas na manutenção trimestral.	Baterias novas para substituição (14 no total)		

LEGENDA: SM - Serviços da Manutenção; PLC - Controlador lógico programável (Programmable Logic Controller)

NM.116

Figura 31 – Exemplo de instrução de trabalho reformulada.

## ANEXO I – MODELO DE AVALIAÇÃO DA MATURIDADE DA GESTÃO DA MANUTENÇÃO

Tabela XXVIII – Modelo de maturidade de gestão da manutenção. Fonte: Oliveira e Lopes (2019).

Classes de Medidas	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
<b>Cultura Organizacional</b>	Mudanças não são bem aceites. Não existe orientação para melhoria contínua e para o trabalho em equipa.	Mudanças são aceites com relutância. Identificada a necessidade de melhoria contínua, mas ainda não adotada. Limitado trabalho em equipa.	Mudanças são aceites e consideradas importantes. Implementação de ações para melhoria contínua. Trabalho em Equipa.	Mudanças são aceites e consideradas importantes. Ações para melhoria contínua com metodologias definidas. Trabalho em Equipa. Espírito de Equipa.	Existe comprometimento com a mudança, adaptando-se às novas prioridades estratégicas. Ações para melhoria contínua com metodologias definidas. Trabalho em Equipa. Espírito de Equipa.
<b>Política de Manutenção</b>	Manutenção é considerada um mal necessário, focando-se na resolução de avarias no menor tempo possível.	Manutenção é considerada um mal necessário, mas reconhece-se a necessidade em atuar preventivamente.	Manutenção é considerada importante para atingir os objetivos da organização. Atuação da manutenção de forma preventiva com vista ao aumento de produtividade e redução de custos.	Manutenção é considerada importante para atingir os objetivos da organização. Atuação da manutenção de forma proactiva (incluindo melhoria do equipamento) com vista ao aumento da produtividade, redução de custos e melhoria da qualidade.	Manutenção é considerada uma função estratégica. Atuação da manutenção de forma proactiva (incluindo melhoria do equipamento) e eficiente com vista ao aumento de produtividade, redução de custos, melhoria da qualidade e redução de acidentes e impacte ambiental.
<b>Gestão de Desempenho</b>	Não existem indicadores definidos.	Indicadores de desempenho calculados esporadicamente, com incidência nos indicadores técnicos determinados para toda a produção e/ou ao nível da linha de produção.	Indicadores de desempenho calculados periodicamente, com incidência nos indicadores técnicos e económicos, determinados para toda a produção, ao nível da linha e do equipamento.	Indicadores técnicos, económicos e organizacionais calculados e analisados periodicamente, apoiando a tomada de decisão dando origem esporadicamente a projetos de melhoria. Resultados fiáveis.	Indicadores técnicos, económicos e organizacionais alinhados com os objetivos estratégicos da organização, calculados e analisados periodicamente, apoiando a tomada de decisão e dando origem a projetos de melhoria. Resultados fiáveis.

Classes de Medidas	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
<b>Análise de Falhas</b>	Análise de falhas sem método definido, realizada quando ocorrem falhas com impacto significativo.	Análise de falhas sem método definido, realizada esporadicamente e quando ocorrem falhas com impacto significativo.	Análise de falhas periódica, baseada num método definido.	Identificação de equipamentos críticos e falhas críticas de forma esporádica. Implementação de medidas baseadas na análise metódica de falhas, que causam uma baixa reincidência de falhas.	Informação atualizada de equipamentos críticos e falhas críticas. Implementação de medidas baseadas na análise metódica de falhas, que levam à ausência de reincidência de falhas.
<b>Planeamento e Programação das Atividades de Manutenção Preventiva</b>	Atividades preventivas definidas depois da ocorrência de eventos críticos.	Planeamento realizado com base nos manuais do fabricante abrangendo alguns equipamentos. Atrasos e ações programadas não concluídas.	Planeamento realizado com base nos manuais do fabricante abrangendo todos os equipamentos. Atrasos e ações programadas não concluídas.	Planeamento das atividades revisto em função da taxa de falhas e da monitorização do equipamento. Desvios pontuais no cumprimento dos planos.	Planeamento das atividades revisto em função da taxa de falhas e da monitorização do equipamento. Programação definida em função do planeamento da produção.
<b>CMMS</b>	Não há registo eletrónico de dados da manutenção.	Utilização de aplicações informáticas para a gestão da manutenção, não integradas com os demais sistemas informáticos da empresa.	Sistema informático para planeamento e controlo da manutenção, com algumas funções não utilizadas, não integrado com os demais sistemas informáticos da empresa.	CMMS onde nem todas as funções disponíveis são amplamente ou adequadamente utilizadas, não integrado com os demais sistemas informáticos da empresa.	CMMS para apoio em todas as funções da gestão da manutenção, com elevado grau de automatização, cujas funções disponíveis são efetivamente utilizadas, integrado com os demais sistemas informáticos da empresa.
<b>Gestão de <i>stocks</i> (Compras e Inventário)</b>	Materiais não classificados. Não há previsão de necessidade futura.	Materiais classificados com base num único critério (e.g., preço ou padrão de consumo). Necessidade prevista com base no histórico de consumo.	Materiais classificados com base num único critério (e.g., preço ou padrão de consumo). Necessidade prevista empiricamente e com base no histórico de consumo.	Materiais classificados com base em um ou mais critérios relacionados com características de fornecimento (e.g., prazo entrega, fornecedores) e/ou características de inventário (e.g., preço, obsolescência). Necessidade prevista com base no histórico de consumo, tempo de vida dos materiais e estratégia de manutenção.	Materiais classificados com base nas suas funcionalidades (impacto de rutura do stock), características de fornecimento e características de inventário. Estratégia de gestão de <i>stocks</i> definida para cada grupo classificado. Níveis de <i>stock</i> revistos regularmente com base no tempo de vida dos materiais e estratégia de manutenção.

Classes de Medidas	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4	Nível 5
<b>Normalização e Controlo dos Documentos</b>	Documentação dos equipamentos indisponível ou desatualizada. Processos e atividades não normalizados.	Documentação de equipamentos e processos não organizada. Alguns processos e atividades normalizados, mas não revistos.	Documentação de equipamentos e de processos organizada. A maioria dos processos e atividades normalizados, mas não revistos.	Documentação de equipamentos e de processos organizada, de fácil e rápido acesso. Processos e atividades normalizados e revistos.	Documentação de equipamentos e de processos sistematicamente atualizada e de fácil e rápido acesso. Processos e atividades normalizados e sistematicamente revistos.
<b>Gestão de Recursos Humanos</b>	Formação pontual motivada por problemas de grande impacto. Colaboradores possuem baixa competência.	Plano de desenvolvimento de competências dos colaboradores de manutenção não alinhado com as necessidades da área.	Plano de desenvolvimento de competências alinhado com as necessidades da área.	Plano de desenvolvimento de competências alinhado com as necessidades da área. Colaboradores polivalentes, com envolvimento dos colaboradores da produção em certas atividades.	Plano de desenvolvimento de competências alinhado com os objetivos da área. Colaboradores da manutenção polivalentes e envolvidos em atividades de melhoria. Envolvimento dos colaboradores da produção em certas atividades. Planos de reconhecimento e recompensa.
<b>Gestão de Resultados (Custos e Qualidade da Manutenção)</b>	Custo elevado e sem controlo. Desperdício de material elevado e reincidência de falhas elevada.	Custo elevado e sem controlo, com ações empreendidas esporadicamente para redução do desperdício e reincidência de falhas.	Ações para controlo dos custos implementadas, com nível de desperdício e reincidência de falhas medidos, mas não analisados.	Custos controlados, com nível de desperdício e reincidência de falhas medidos e analisados.	Custos controlados, baixo desperdício e baixa reincidência de falhas.

## ANEXO II – LISTAGEM DOS SECTORES ALVO DE MANUTENÇÃO

Águas e saneamento

Ar comprimido

Ar condicionado

Energia elétrica

Rede de telecomunicações

Produção de flexíveis (P1)

Corte de flexíveis (P2 – T1)

Produção P2 – T2

Fibras 1

Fibras 2

Fibras 3

*Clusters* (Fibras 1)

Edifício *Looper*

Costura

Filtros

Prensas

Oficina auto

Oficina mecânica

Armazém de flexíveis

Armazém da manutenção

Laboratório

Escritórios

Portaria

Refeitório