



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Análise de eficiência na gestão de ativos aplicado num caso de estudo

Carlos Daniel Pinto Cardoso

Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professor Doutor José Luis
Professor Rui Araújo

Dezembro de 2025



**Politécnico
de Viseu**

Escola Superior
de Tecnologia
e Gestão de Viseu

Análise de eficiência na gestão de ativos aplicado num caso de estudo

Carlos Daniel Pinto Cardoso

Relatório de Estágio

Mestrado em Engenharia Mecânica e Gestão Industrial

Trabalho efetuado sob a orientação de

Professor Doutor José Luis
Professor Rui Araújo

Dezembro 2025

AGRADECIMENTOS

Ao meu filho Bernardo, que com apenas nove meses já representa o maior projeto da minha vida, dedico esta tese com a esperança de que um dia possa olhar para este trabalho como um exemplo de perseverança, dedicação e sentido de propósito.

À minha mulher, pelo carinho, pela paciência e pelo apoio constante ao longo de todo este percurso, deixo o meu mais profundo agradecimento. A sua compreensão foi essencial nos momentos de maior exigência e o seu apoio deu-me força para continuar.

À minha irmã Adriana, com quem sempre partilhei sonhos, desafios e conquistas, agradeço a cumplicidade, o incentivo e o crescimento que fomos construindo lado a lado ao longo da vida.

Aos meus pais, agradeço profundamente por me terem transmitido, desde cedo, valores fundamentais como o trabalho, a responsabilidade, a perseverança e a importância de lutar pelos próprios objetivos. Foi com os ensinamentos deles que aprendi o verdadeiro significado de ser homem e de enfrentar a vida com esforço e integridade.

Aos meus padrinhos, que sempre foram um apoio presente e seguro ao longo do meu percurso, expresso a minha gratidão pelo incentivo e pela confiança.

Aos meus “padrinhos novos”, agradeço igualmente por me terem mostrado que o futuro pode ser grande e cheio de possibilidades. A área de formação deles teve um papel decisivo no meu primeiro contacto com a realidade que hoje me apaixona e que ajudou a moldar o caminho que decidi seguir.

Por fim, dedico também esta dissertação ao objetivo que me acompanhou desde cedo: concluir um mestrado na área da Engenharia Mecânica e Gestão Industrial. Só depois de conhecer e trabalhar no contexto industrial é que esse objetivo adquiriu pleno significado, transformando-se num projeto verdadeiramente alinhado com a minha experiência, com o meu percurso e com aquilo que ambiciono construir no futuro.

RESUMO

Este relatório de estágio apresenta, numa primeira fase, os principais enquadramentos teóricos da manutenção, evidenciando o seu papel como fundamento de uma gestão de ativos eficaz. Defende-se que não basta “fazer manutenção”, sendo essencial “fazer bem”, o que exige pilares estruturantes: centralidade das pessoas, consolidação de conceitos base, realização de auditorias, definição de indicadores de desempenho robustos e adoção de software e automatismos de suporte adequados.

Na componente prática, é estudado o processo de escolha de um software de gestão da manutenção, recorrendo a uma tabela resumo que cruza características consideradas críticas com o seu grau de importância, comparando cinco soluções (SIGMA, SMID, MANWINWIN, SAP PM e IBM MAXIMO). A opção recaiu sobre o IBM MAXIMO. A implementação inclui, entre outras fases, a criação de uma equipa alinhada com as diretrizes do software e da empresa, bem como o cadastro de ativos e localizações, a partir do qual passam a ser geridos documentos, planos de manutenção, históricos de reparação, ordens de compra e o respetivo agregado de custos.

Complementarmente, foi conduzido um estudo de caso múltiplo de natureza qualitativa, com oito participantes de dois níveis hierárquicos em Portugal e na Alemanha, cuja análise revela que os benefícios do CMMS se realizam de forma diferenciada: a digitalização é transversalmente reconhecida, mas a conversão dos dados em eficiência e em sustentabilidade concentra-se no nível de gestão, em função da capacidade de absorção, do horizonte funcional e do alinhamento de incentivos de cada nível. Conclui-se que a adoção do sistema é condição necessária, mas não suficiente, e discute-se o contributo, realizado e potencial, da manutenção digital para os objetivos de sustentabilidade (ODS/ESG).

A qualidade da gestão de ativos é avaliada através de indicadores de desempenho, como o tempo médio de reparação (MTTR) e o tempo médio entre falhas (MTBF). A definição rigorosa e o ajuste destes indicadores à realidade de cada organização são determinantes para obter resultados consistentes, tornando a escolha dos indicadores mais relevantes um fator crítico para a melhoria contínua da função manutenção.

Palavras-chave: Gestão de ativos; Gestão da manutenção; CMMS; Indicadores de desempenho; Estudo de caso; Capacidade de absorção; Sustentabilidade

ABSTRACT

This internship report first presents the main theoretical frameworks of maintenance, highlighting its role as the foundation of effective asset management. It argues that it is not enough to “perform maintenance”; it is essential to “perform it well”, which requires the implementation of key pillars: placing people at the centre of processes, consolidating fundamental concepts, conducting audits, defining robust performance indicators, and adopting appropriate support software and automation tools.

On the practical side, the report examines different perspectives on the selection of maintenance management software. A summary table is presented in which the required functionalities are cross-referenced with their relative importance, comparing five software solutions (SIGMA, SMID, MANWINWIN, SAP PM and IBM Maximo), with IBM Maximo being selected. The implementation process includes, among other stages, the creation of a dynamic team aligned with both the system’s guidelines and the company’s strategy, which plays a decisive role in the success of the implementation. Another key stage is the registration of assets and locations, from which it becomes possible to manage documents, maintenance plans, repair histories, purchase orders and the associated cost aggregation.

In addition, a qualitative multiple case study was conducted with eight participants across two hierarchical levels in Portugal and Germany. The analysis shows that CMMS benefits are realised unevenly: digitalisation is universally acknowledged, but the conversion of data into efficiency and sustainability remains concentrated at management level, shaped by absorptive capacity, functional horizon and incentive alignment. Adoption is thus a necessary but not sufficient condition, and the realised and potential contribution of digital maintenance to sustainability goals (SDG/ESG) is discussed.

The quality of asset management is assessed through a set of performance indicators, among which mean time to repair (MTTR) and mean time between failures (MTBF) are particularly relevant. Prior analysis and the correct definition of these indicators are crucial to obtaining consistent results, and they must be adjusted to the specific context of each organisation. The ability to identify and apply the most relevant indicators is therefore a critical factor for the continuous improvement of the maintenance function.

Keywords: Asset management; Maintenance management; CMMS; Performance indicators; Case study; Absorptive capacity; Sustainability

ÍNDICE GERAL

ÍNDICE DE QUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
LISTA DE SIGLAS / ABREVIATURAS.....	x
1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Enquadramento	12
1.2 Objetivos da investigação	12
1.3 Abordagem metodológica.....	13
1.4 Estrutura do relatório de estágio.....	13
2. ORGANIZAÇÃO – SONAE ARAUCO	14
2.1. Grupo Sonae e Grupo Arauco	14
2.2. Empresa	14
2.3. Prémios da Sonae Arauco	15
2.4. Certificações (SGI).....	16
2.5. Matéria-Prima.....	16
2.6. Layout	17
2.7. Produtos do Grupo	17
2.8. Processo de Produção de MDF	18
2.9. Equipamentos e capacidade.....	20
2.10. Organigrama da empresa	21
2.11. Organigrama da manutenção	21
3. REVISÃO DE LITERATURA	22
3.1 Manutenção	23
3.1.1 Evolução das Expectativas da Manutenção	23
3.1.2 Gestão da Manutenção e a Gestão da Ativos	24
3.1.3 Sistemas e Processos da Gestão da Manutenção	24
3.1.4 Conceito de manutenção	26
3.1.5 Enquadramento e Âmbito da Manutenção.....	27
3.1.6 As Pessoas Estão no Centro da Gestão da Manutenção	28
3.1.7 Conceitos e Definições	28
3.1.8 Tipos e Estratégias da Manutenção:.....	29
3.1.9 Adequabilidade dos Modelos e Métodos da Manutenção	30
3.1.10. Auditorias à Manutenção	32
3.1.11. Maturidade da Manutenção	37
3.2 Digitalização da gestão manutenção e do seu controlo	39

3.2.1 Tendência crescente de digitalização da manutenção e sua gestão.....	39
3.2.2 Importância dos CMMS na Gestão da Manutenção (incluindo para a sustentabilidade).....	39
3.3 Paradigmas de Digitalização e Gestão da Manutenção com CMMS.....	40
3.3.1 Paradigmas da Digitalização	40
3.3.2 Digitalização e CMMS	40
3.3.3 Indústria 4.0 e CMMS	40
3.3.4 Indústria 5.0 e CMMS	41
3.3.5 Transformação digital e CMMS	41
3.3.6 CMMS e EAM Systems	42
3.4 CMMS e Sustentabilidade	42
3.4.1 Sustentabilidade	42
3.4.2 Sustentabilidade ESG	42
3.4.3 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.....	43
3.4.4 Requisitos legais ESG e reporte e comunicação ESG	43
3.4.5 Relevância dos CMMS para a Sustentabilidade	43
3.5 CMMS na Gestão da Manutenção.....	44
3.5.1 CMMS contexto industrial capital intensivo da transformação da madeira.....	44
3.5.2 Seleção de CMMS.....	44
3.5.3 CMMS na Gestão da Manutenção.....	45
3.5.4 CMMS no controlo da manutenção.....	45
3.5.5 CMMS e os KPI no controlo da manutenção	45
3.6 Benchmarking na manutenção	48
3.7 Síntese da revisão e fundamentação do modelo conceptual	51
4. METODOLOGIA E MÉTODOS	53
4.1 Análise e seleção de software CMMS	53
4.2 Procedimentos de análise e método de indicadores.....	56
4.2.1 Gestão de custos.....	56
4.2.2 Gestão de mão-de-obra externa	58
4.2.3 Gestão de ativos rotáveis.....	58
4.2.4 Indicadores das reuniões de manutenção e fiabilidade.....	59
4.2.4.1 KPIs estruturais (core).....	59
4.2.4.2 KPIs dinâmicos	59
4.2.4.3 Indicadores de sustentabilidade na manutenção	60
4.3 Estudo caso múltiplo de natureza qualitativa sobre implementação de um CMMS	61
4.3.1 Posicionamento e estratégia de investigação.....	61

4.3.2 Desenho do estudo e modelo conceptual.....	62
4.3.3 Instrumentos de recolha	64
4.3.4 Procedimento de análise: codificação temática com camada de valência	64
4.3.5 Tratamento de instrumentos mistos	65
4.3.6 Inquérito aos utilizadores	65
4.3.7 Qualidade, rigor e limitações do método	65
5. APLICAÇÃO PRÁTICA	66
5.1 Análise e seleção de software CMMS	66
5.2 Implementação CMMS (MAXIMO IBM).....	71
5.3 Procedimentos de análise e método de indicadores.....	76
5.3.1 Gestão de custos.....	76
5.3.2 Gestão de mão-de-obra externa	79
5.3.3 Gestão de rotáveis.....	82
5.4 Estudo caso múltiplo de natureza qualitativa, implementação de um CMMS ..	84
5.4.1 Um núcleo corroborado de forma transversal.....	85
5.4.2 Uma clivagem estruturada por nível hierárquico	86
5.4.3 Uma camada sistémica exclusiva da gestão	86
5.4.4 Um mecanismo visível apenas no terreno	86
5.4.5 Resultados negativos e temas emergentes	87
5.4.6 Triangulação por instrumento	87
6. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	87
7. CONCLUSÃO	98
7.1 Implicações para a gestão	99
7.2 Limitações	99
7.3 Trabalhos futuros.....	100
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
ANEXOS	106
ANEXO A	106
Designações e conceitos	106
ANEXO B.....	108
Procedimento de Rotáveis	108
ANEXO C	113
Questionário “Análise de eficiência na gestão de ativos aplicado num caso de estudo”...	113
ANEXO D Entrevistas	114

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação Tempo de paragem vs frequência	30
Quadro 2 - Síntese de constructos e proposições do modelo.	51
Quadro 3 - Proposições do modelo conceptual.....	63
Quadro 4 - Análise e seleção de software CMMS.....	66
Quadro 5 - Pontos positivos e negativos do MAXIMO e SAP.....	68
Quadro 6 - Classificação SAP vs MAXIMO	70
Quadro 7 - Lista de melhorias por unidade fabril	75
Quadro 8 - Lista de melhorias ou erros da implementação do CMMS.....	75
Quadro 9 - Saldo de Valência das proposições (8 casos:6 em Portugal, 2 na Alemanha)	85
Quadro 10 - P8 e P4 por nível hierárquico (V1/V2/V3).....	86
Quadro 11 - Quantidade de OT por tipologia	92
Quadro 12 - Correspondência interpretativa entre achados e ODS	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Certificações da Unidade: a) Datas e marcos; b) Certificações.....	16
Figura 2 - Layout Sonae Arauco Mangualde	17
Figura 3 - Tipos de painel: a) MDF (Mean Density Fibreboard); b) Oriented Strand Board; c) Painel de Melamina; d) PB (Particle Board)	17
Figura 4 - Processo de MDF em blocos	18
Figura 5 - Processo de transformação de MDF	19
Figura 6 - Capacidade produtiva por equipamento	20
Figura 7 - Organigrama da empresa	21
Figura 8 - Organigrama da manutenção	21
Figura 9 - Fluxo de Gestão de Ativos	22
Figura 10 - Conceito da manutenção	26
Figura 11 - Perspetivas da manutenção	27
Figura 12 - Pirâmide de (Pintelon & Parodi-Herz, 2008).....	27
Figura 13 - As pessoas, chave do sucesso	28
Figura 14 - Pirâmide das tipologias da manutenção e sua evolução	33
Figura 15 - Evolução das Tipologias da Manutenção	34
Figura 16 - Nível de maturidade da manutenção.....	37
Figura 17 - Quadro da excelência da manutenção.....	49
Figura 18 - Fluxo de compras	56
Figura 19 - Fluxo de compras MAXIMO-SAP4HANA-ARIBA	56
Figura 20 - Fluxo de custos de materiais.....	57
Figura 21 - Mapa resumo dos custos mensais	57
Figura 22 - Modelo conceptual: cadeia de proposições P1–P10 e camada de capacidade de absorção (P11-P13).	62
Figura 23 - Modelo da hierarquia da Fábrica	71
Figura 24 - Project da implementação	74
Figura 25 - Tipologia de custos.....	76
Figura 26 - Centro de início MAXIMO	77
Figura 27 - Requisição em MAXIMO.....	77
Figura 28 - Mapa de controlo de custos.....	78
Figura 29 - Relatório de custos do sistema SAP S/4HANA	78
Figura 30 - Vista geral dos custos da manutenção.....	79
Figura 31 - Folha de mão-de-obra, individual	80
Figura 32 - Atual folha de ponto	80
Figura 33 - 1ºexcel de controlo	81
Figura 34 - Atual Excel de controlo	81
Figura 35 - Mascara de registo de mão de obra no MAXIMO.....	82
Figura 36 - PROCEDIMENTO DE ROTÁVEIS - MAXIMO.....	83
Figura 37 - Quantidade de rotáveis geridos por ano	84
Figura 38 - Ordens de trabalho preventivo	90
Figura 39 - Ordens de trabalho corretivas por ano	90
Figura 40 - Pedidos de trabalho	91
Figura 41 - Ordens de trabalho de investimentos.....	92
Figura 42 - Resultado do questionário por questão.....	93
Figura 43 - Proposta para gestão de rotável.....	94

LISTA DE SIGLAS / ABREVIATURAS

- CMMS - Computerized Maintenance Management Systems
- TIC - Tecnologias de Informação e Comunicação
- IoT - *Internet of Things*
- Compliance - Conformidade
- MTBF - Mean Time Between Failures – tempo médio entre falhas
- MTTR - Mean Time To Repair – tempo médio para reparar
- Downtime - Tempo de Indisponibilidade
- CapEx - Capital Expenditure – Necessidades de Investimento
- OpEx - Operational Expenditure – Custos de Exploração
- ABS - *Asset breakdown structure* – Estrutura de paragens dos ativos
- LBS - *Location breakdown structure* – Estrutura de paragens dos locais
- LCC - Custo do ciclo de vida
- OT - Ordem de trabalho
- BOM – Bill of Materials – Lista de materiais
- GIGO - Garbage In, Garbage Out
- OEE - Overall Equipment Effectiveness
- KPI - Key Performance Indicator

1. INTRODUÇÃO

O relatório de estágio descreve um estudo e implementação dos indicadores de gestão de manutenção mais relevantes para o site da Sonae Arauco Mangualde, usando o recente *software* (MAXIMO IBM) como base de dados.

1.1 Enquadramento

A gestão da manutenção, face ao aumento da competitividade industrial, exige cada vez mais o apoio de sistemas de informação do tipo CMMS (Computerized Maintenance Management System). A seleção de um CMMS constitui um processo complexo, que implica identificar e priorizar as variáveis mais relevantes em função das diretrizes estratégicas da organização, em muitos grupos empresariais, esta decisão é mesmo tomada a nível corporativo, uniformizando a solução adotada em todas as unidades. No caso de estudo, que integra fábricas em Portugal, Espanha, Alemanha e África do Sul, abrangendo quatro línguas distintas, a implementação de um novo CMMS implicou, em algumas unidades, a substituição do sistema anteriormente utilizado e a reconfiguração das práticas de gestão da manutenção.

A necessidade de convergir para um modelo único de gestão dos diferentes tipos de manutenção levou à definição de critérios claros para a escolha do software. A otimização da solução selecionada assume particular importância, uma vez que o sistema anteriormente em uso não permitia um nível adequado de digitalização, integração com outras aplicações corporativas, mobilidade para apoio às equipas no terreno, nem uma usabilidade consistente em qualquer local ou dispositivo.

1.2 Objetivos da investigação

O objetivo geral deste trabalho é analisar de que forma a seleção, implementação e exploração de um CMMS contribuem para a eficiência da gestão de ativos e para a sustentabilidade da função manutenção num grupo industrial multinacional. Este objetivo desdobra-se em quatro objetivos específicos: (i) selecionar, com base numa matriz de decisão ponderada, o CMMS mais adequado ao contexto do grupo; (ii) estruturar e implementar procedimentos de gestão suportados pelo sistema, nomeadamente nas áreas de custos, mão de obra externa e ativos rotáveis; (iii) definir e operacionalizar um conjunto de indicadores de desempenho para a monitorização da manutenção; e (iv)

compreender, através de um estudo de caso múltiplo de natureza qualitativa, por que razão e para quem os benefícios do sistema se realizam, considerando os diferentes níveis hierárquicos e geografias do grupo.

1.3 Abordagem metodológica

Para a realização desta revisão bibliográfica foram usados alguns sites como a (b-on, google académico, Sciencedirect, Bibli.estgv), para além dos sites já referidos a pesquisa também foi feita em livros do tema e pesquisas a pessoas com conhecimento e experiência da área. Como organizador bibliográfico o programa usado foi o Zotero.

Na sequência da melhoria do desempenho e disponibilidade dos ativos da empresa, foram criadas algumas estratégias de contabilização e decisão sobre quais são os pontos estratégicos para a escolha de um CMMS, após essa escolha, serão definidos indicadores para ajudar a motivar a continuação da implementação, afirmação e consolidação do programa.

Após a implementação, foi estudada a melhor prática para uma boa utilização da gestão de custos, rotáveis e mão-de-obra externa.

1.4 Estrutura do relatório de estágio

O capítulo 2 apresenta a empresa em estudo, descrevendo os seus principais produtos, certificações e processo produtivo. O capítulo 3 desenvolve o enquadramento teórico, com ênfase nos princípios da gestão de ativos, na digitalização da manutenção e na sua relação com a sustentabilidade, fundamentando conceptualmente o trabalho. O capítulo 4 apresenta a metodologia da investigação. Esta combina duas componentes complementares. A primeira integra os métodos e procedimentos associados ao projeto de seleção e implementação do CMMS, abrangendo a gestão de custos, a mão de obra externa, os ativos rotáveis e os indicadores de desempenho. A segunda corresponde ao desenho de um estudo de caso múltiplo, de natureza qualitativa, orientado para compreender por que razão e para quem os benefícios do sistema se concretizam. O capítulo 5 apresenta a aplicação prática de ambas as componentes. O capítulo 6 analisa e discute os resultados - incluindo a evolução das ordens de trabalho, o inquérito aos utilizadores e os achados do estudo de caso, com a respetiva leitura em chave de sustentabilidade (ODS/ESG) - e o capítulo 7 encerra com as conclusões, implicações para a gestão, limitações e trabalhos futuros.

2. ORGANIZAÇÃO – SONAE ARAUCO

2.1. Grupo Sonae e Grupo Arauco

A Sonae Arauco é uma joint-venture entre o grupo português Sonae Indústria e o grupo chileno Arauco – este um dos maiores produtores florestais mundiais (celulose, painéis e soluções de construção) –, sendo uma referência mundial na conceção, produção e distribuição de painéis derivados de madeira para mobiliário, construção e design de interiores. O seu portefólio inclui soluções decorativas (Innovus), painéis técnicos (MDF, OSB e aglomerado de partículas) e sistemas construtivos avançados (AGEPAN), desenvolvidos para requisitos exigentes de desempenho e sustentabilidade. A união de competências industriais, tecnológicas e comerciais dos dois grupos posiciona a empresa como referência em materiais inovadores e em digitalização fabril, com recurso a sensorização para manutenção preditiva e gestão operacional em tempo real.

A Sonae Arauco possui 23 unidades industriais e comerciais em nove países, exporta para mais de 68 mercados e assegura uma capacidade produtiva superior a 3,9 milhões de metros cúbicos anuais. Toda a madeira provém de fontes certificadas, reforçando o compromisso com a gestão florestal sustentável e a circularidade, em alinhamento com as políticas europeias de transição energética e bioeconomia. A empresa destaca-se ainda pela primeira linha de reciclagem industrial de MDF, que transforma painéis em fim-de-vida em matéria-prima para novos produtos, elevando a incorporação de fibras recicladas acima de 70% em certas gamas. Esta orientação técnica e internacional sustenta a sua relevância como caso de estudo em transformação digital, sustentabilidade e economia circular no setor dos derivados de madeira.

2.2. Empresa

Em 1959, a SONAE foi fundada na Maia, onde preserva a sua sede, com o objetivo de produzir laminados decorativos de alta pressão. Desde esse momento foi expandindo a sua rede de produção com aquisição de novas fábricas tais como:

- Novopan no Porto,
- Fábrica de aglomerados em 1989 no Reino Unido,
- Tafisa no Canadá em 1993
- Constrói várias fábricas no Brasil e África Sul,
- No ano de 1998 adquiriram fabricas em França e Alemanha,

- Em 2011 lança a marca *Innovus* onde oferecem soluções versáteis e contemporâneas para espaços interiores.
- A fusão do grupo Sonae Indústria e Arauco dá-se em 2016 e aí nasce a Sonae Arauco.

A visão da Sonae Arauco é criar soluções à base de madeira para uma vida e um planeta melhor. Acreditando no valor da madeira na vida das pessoas. O objetivo é ser a marca de madeira escolhida por colaboradores, clientes, fornecedores e comunidades. A Sonae Arauco representa o seu propósito de criar soluções baseadas na madeira para uma vida melhor, um futuro melhor e um planeta melhor.

A missão da empresa é oferecer produtos derivados da madeira que melhorem a vida das pessoas. Tendo alma industrial e acreditando em parcerias duradouras em madeira. Procuram excelência e rentabilidade de longo prazo junto aos nossos parceiros de negócios. O sonho diário é levar adiante as ambições de nossos clientes, oferecendo uma atraente combinação de experiência industrial, funcionalidade, qualidade sustentável, design e preço.

2.3. Prémios da Sonae Arauco

(2019) Prémio de alta qualidade do 3DF -*Three Dimensional Fibreboard*. Distinguiu-se com o prémio “*High Product Quality – intelligent material & design*”, aquando do seu lançamento, na *Interzum*, um prémio atribuído aos aspetos inovadores, funcionais e de design do produto.

(2019) Melhor Empresa de Transformação Digital. O prémio *Best Digital Transformation Enterprise*, nos *European Digital Mindset Awards*, distinguiu a empresa pela forma como evoluiu de um modelo de negócio tradicional para um digital.

(2021) Prémio Alemão de Design. A combinação particularmente impressionante com o decorativo *Feel Light Grey*, inspirado no feltro têxtil, também ganhou na categoria Excelente Design de Produto e Elementos do *German Design Award*.

(2021) Prémios icónicos. O acabamento fosco e tridimensional Cosmos da coleção *Innovus* foi escolhido pelos jurados do *German Design Council* como o vencedor do ICONIC AWARDS 2021, na categoria *Innovative Interior*.

(2022) Prémio Produto Verde. A gama de produtos decorativos *Innovus* da Sonae Arauco venceu na categoria *Interior & Lifestyle*. Esta é uma das competições internacionais mais reconhecidas em design sustentável. Com a incorporação da madeira

reciclada como matéria-prima e sua superfície de alta tecnologia, as soluções *Innovus* combinam credenciais estéticas, desempenho técnico e sustentabilidade ambiental.

2.4. Certificações (SGI)

A madeira utilizada pela Sonae Arauco provém de origens geridas de forma responsável: as operações industriais estão certificadas pela cadeia de custódia FSC (Forest Stewardship Council) e as operações europeias também pela cadeia de responsabilidade PEFC™ (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes). Todas as fábricas são certificadas em Gestão da Qualidade (ISO 9001), Gestão Ambiental (ISO 14001) e Gestão da Saúde e Segurança no Trabalho (ISO 45001), estando a maioria também certificada em Gestão de Energia (ISO 50001). A Figura 1 ilustra os principais marcos e certificações da Sonae Arauco.

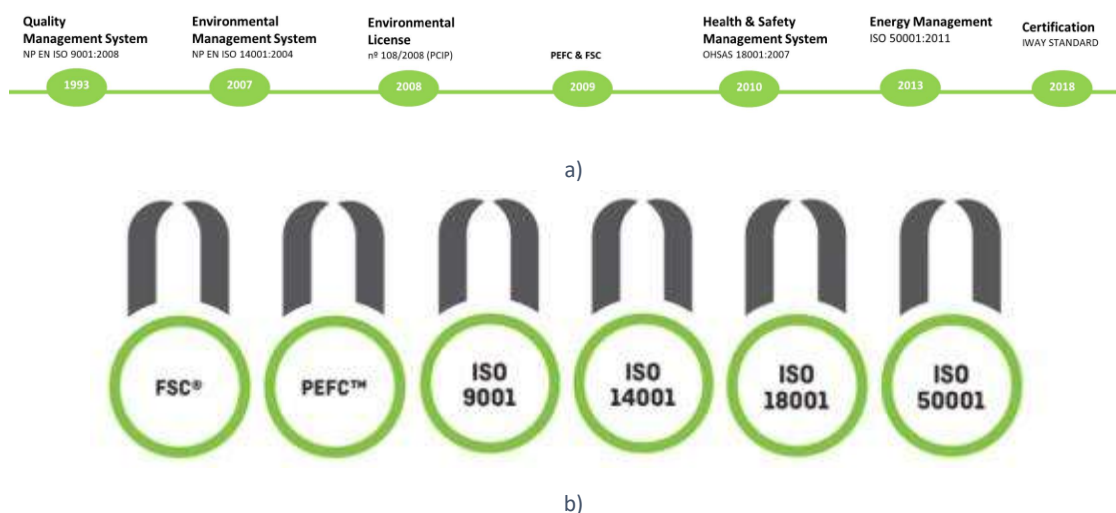


Figura 1 - Certificações da Unidade: a) Datas e marcos; b) Certificações.

2.5. Matéria-Prima



2.6. Layout

A Sonae Arauco de Mangualde possui 27 hectares de terrenos distribuídos por algumas áreas fundamentais para o processo fabril, parque de recessão de madeiras, ETAR, armazém logístico, nave industrial, edificios técnicos e administrativos, fábrica de emulsões de parafina como ilustra a Figura 2.

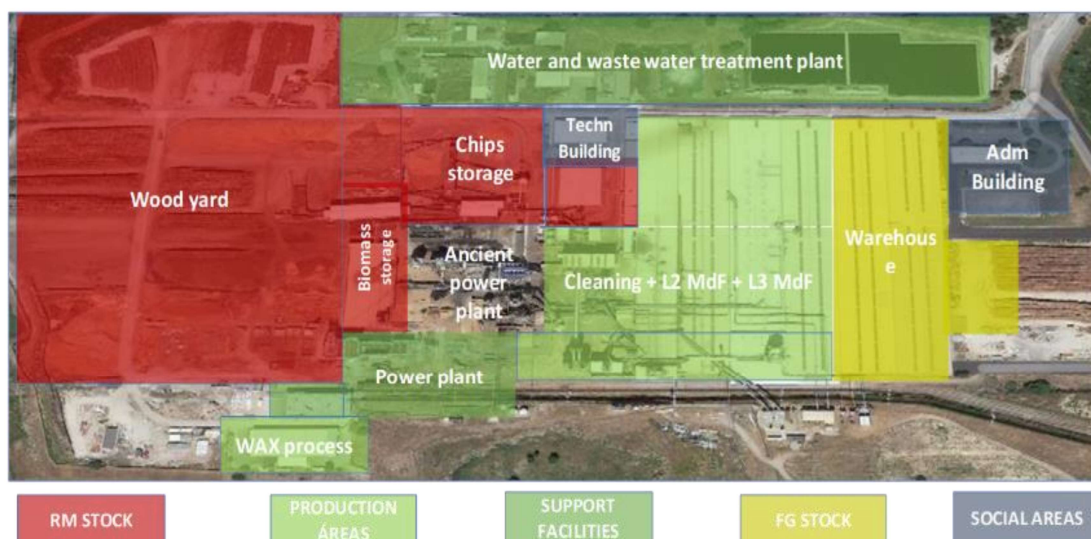


Figura 2 - Layout Sonae Arauco Mangualde

2.7. Produtos do Grupo



Figura 3 - Tipos de painel: a) MDF (Mean Density Fibreboard); b) Oriented Strand Board; c) Painel de Melamina; d) PB (Particle Board)

MDF

MDF, sigla para Mean Density Fiberboard, ou painel de fibra de madeira de média densidade, é um painel feito a partir da aglutinação de fibras de madeira com resinas sintéticas, submetidas a alta pressão e temperatura. O resultando é uma chapa uniforme, lisa e plana, amplamente utilizada na indústria moveleira e na construção civil.

OSB

O OSB (*Oriented Strand Board*) é um painel de madeira estrutural fabricado a partir de partículas de madeira comprimidas e em camadas cruzadas, ligadas com resina. É utilizado principalmente na construção para revestimento estrutural (paredes, telhados, pisos), mas também para outras aplicações, como mobiliário e painéis isolados estruturais. O OSB é conhecido pela sua resistência, estabilidade dimensional e economia, e a sua resistência deriva do alinhamento dos fios de madeira exteriores.

MELAMINA

Revestimento à base de resina melamínica, aplicado por prensagem a alta temperatura sobre painéis de MDF ou MDP, proporcionando superfície lisa, durável, resistente a riscos leves, manchas e calor moderado.

PB

Painéis de PB (Particle Board) são materiais derivados de madeira, produzidos a partir de partículas lignocelulósicas aglutinadas por resinas sintéticas e submetidas a processos de prensagem sob alta temperatura e pressão. Apresentam estrutura homogênea, boa estabilidade dimensional e são amplamente utilizados na indústria de moveis e na construção civil leve, especialmente quando associados a revestimentos como a melamina, que melhora o acabamento superficial e a resistência ao uso.

2.8. Processo de Produção de MDF



Figura 4 - Processo de MDF em blocos

A obtenção de placas de MDF resulta de um processo produtivo complexo (Figura 4), que transforma diferentes formas de madeira em placas de dimensões estáveis,

passíveis de serem cortadas, fresadas, lixadas, pintadas ou revestidas com folheado, folhas decorativas ou outros acabamentos superficiais. A produção, em processo contínuo, é monitorizada a partir de uma sala de controlo, por operadores de linha organizados em turnos, que efetuam ajustes pontuais nos equipamentos. Como um desvio em qualquer estágio pode ter consequências nas fases seguintes, as etapas devem ser controladas de forma integrada, medindo continuamente o impacto de cada alteração produz nas restantes.

Este controlo assenta em duas vias complementares. No controlo online, um conjunto de variáveis é monitorizado em contínuo (por equipamento e por observação visual), ajustando automaticamente os parâmetros da linha ou exigindo a intervenção dos operadores em caso de desvio. No controlo offline, são retiradas amostras (fibra ou placa) em pontos específicos da linha e enviadas ao laboratório da fábrica; em função dos resultados, identificam-se e implementam-se ações corretivas. O controlo da linha de MDF constitui, assim, um sistema de análise constante das variáveis de processo e de produto, com o consequente ajuste.

Processo de transformação

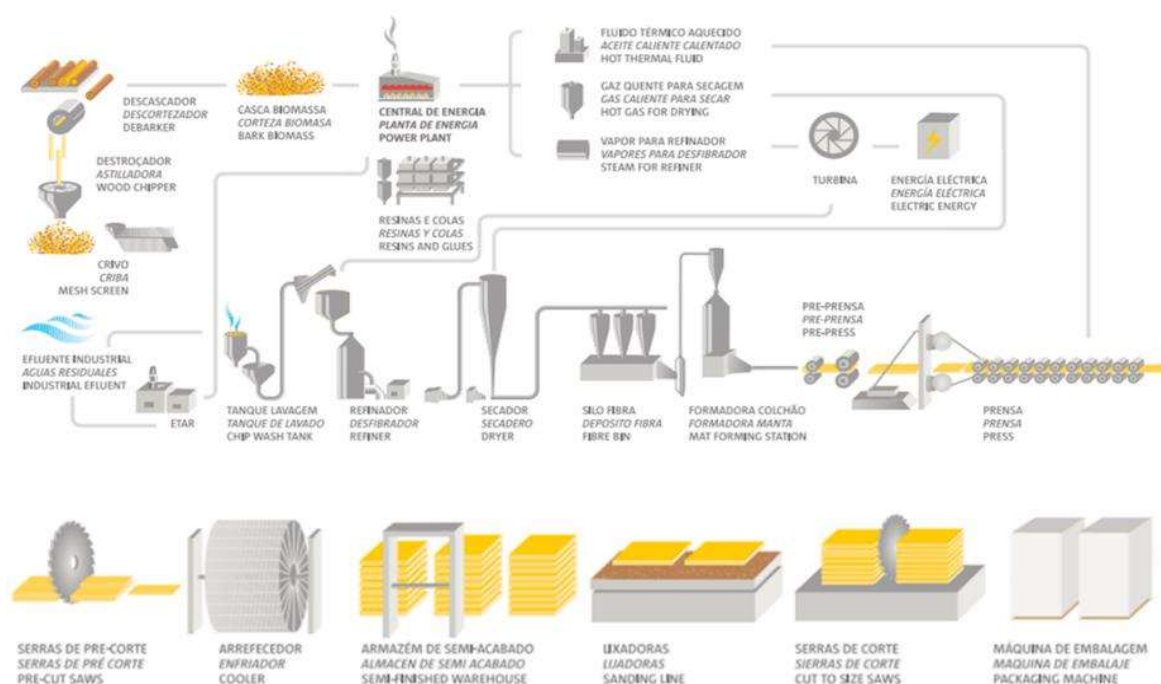


Figura 5 - Processo de transformação de MDF

A transformação da madeira em placas de MDF compreende uma sequência de etapas industriais (Figura 5), desde a chegada dos troncos até à obtenção das placas prontas para comercialização. Começa pelo descasque, num túnel rotativo de cerca de 5

metros de diâmetro e superfície interna rugosa, que desprende mecanicamente a casca; os troncos seguem depois para o destroçador, onde rolos com navalhas os reduzem a pequenas partículas (estilha). A estilha é lavada para remoção de impurezas (metais, pedras), cozida e desfibrada num equipamento de dois discos giratórios frontais, separados por distâncias da ordem de centésimos de milímetro, obtendo-se as fibras de madeira.

Na colagem, adicionam-se à fibra resinas e agentes químicos que asseguram a coesão e as propriedades finais do produto; segue-se a secagem, que reduz o teor de humidade antes da formação do colchão de fibras. O colchão é formado e encaminhado para a pré-prensa, onde o excesso de ar é removido por telas perfuradas e as laterais são recortadas por discos. Passa então à prensa contínua, onde, sob alta pressão e temperatura aplicadas por cilindros aquecidos a óleo térmico, a fibra é comprimida e consolidada numa banda metálica aquecida, dando origem à placa. Por se tratar de uma linha contínua, as placas são por fim cortadas em dimensões padrão, arrefecidas e agrupadas em books (conjuntos empilhados) para transporte e armazenagem.

2.9. Equipamentos e capacidade



Figura 6 - Capacidade produtiva por equipamento

2.10. Organigrama da empresa

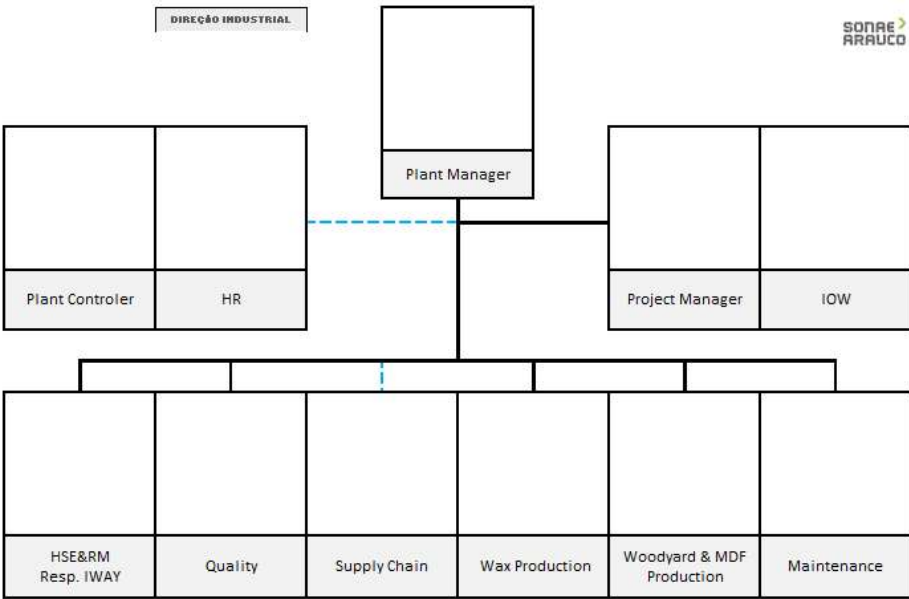


Figura 7 - Organigrama da empresa (carta identidade S.A MNG,2022)

2.11. Organigrama da manutenção

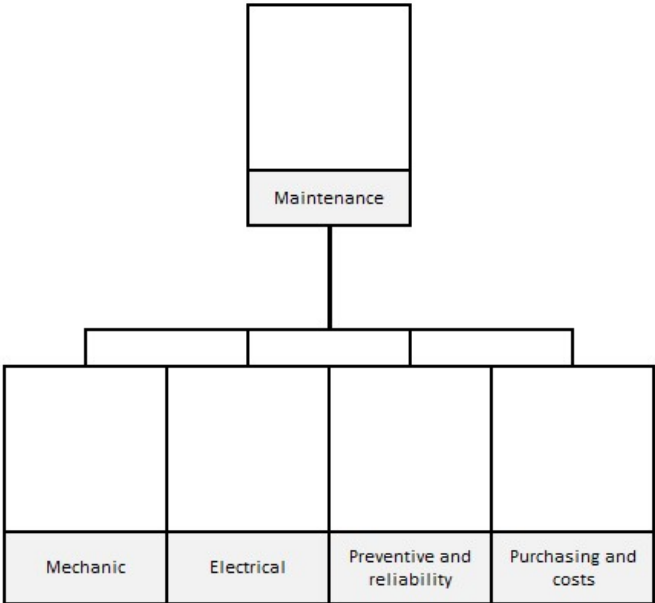


Figura 8 - Organigrama da manutenção (carta identidade S.A MNG,2022)

3. REVISÃO DE LITERATURA

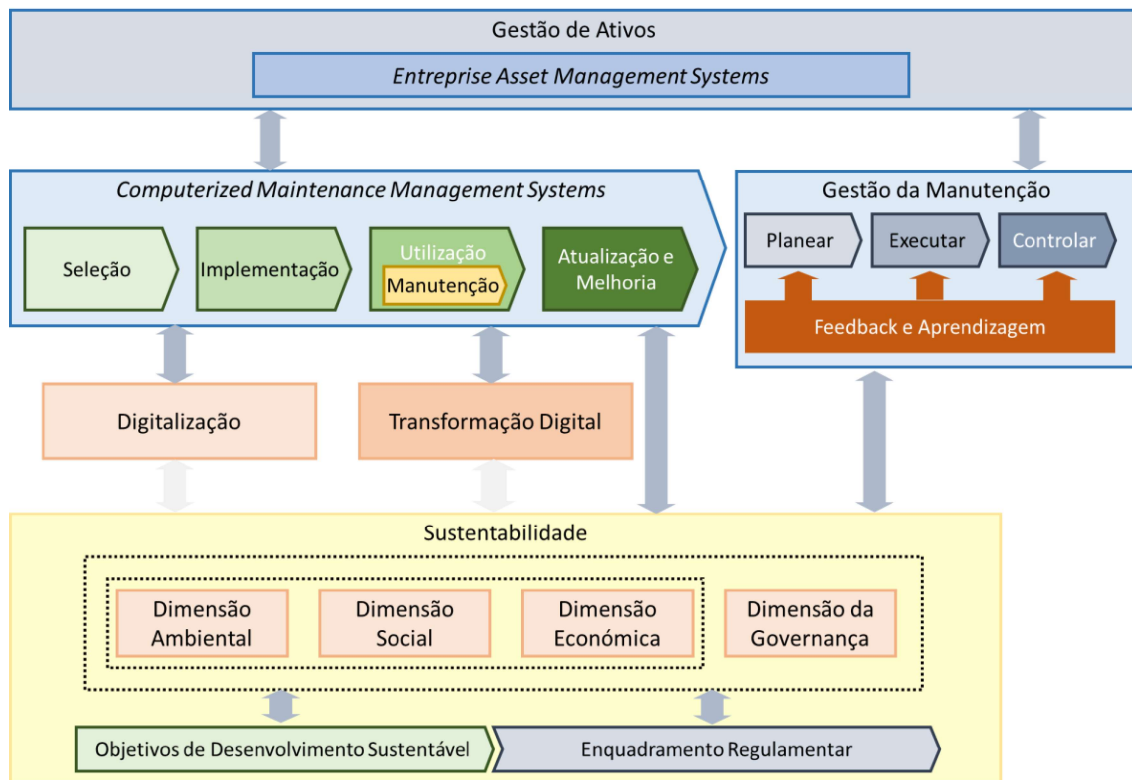


Figura 9 - Fluxo de Gestão de Ativos

O diagrama apresentado na Figura 9 sintetiza, de forma sistémica, a relação entre a gestão de ativos, os sistemas informatizados de gestão da manutenção e a sustentabilidade organizacional, constituindo um modelo de enquadramento conceptual adequado ao contexto industrial. Na parte superior, destaca-se a gestão de ativos, suportada por sistemas Enterprise Asset Management (EAM), que asseguram a visão global do ciclo de vida dos ativos. Numa camada intermédia, representam-se os Computerized Maintenance Management Systems (CMMS), distribuídos pelas fases de seleção, implementação, utilização na manutenção e atualização/melhoria, evidenciando o seu papel como interface entre a gestão de ativos e a gestão da manutenção. Em paralelo, a gestão da manutenção é estruturada nas etapas de planear, executar e controlar, integradas num ciclo contínuo de feedback e aprendizagem organizacional.

Na base do modelo, explicita-se a ligação entre a digitalização e a transformação digital dos processos de manutenção e a prossecução de objetivos de sustentabilidade. A sustentabilidade é decomposta em quatro dimensões – ambiental, social, económica e de governança – que são enquadradas pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável e pela regulamentação aplicável. Este enquadramento evidencia que a forma como os ativos são geridos e mantidos, recorrendo a CMMS inseridos numa arquitetura de gestão de

ativos mais ampla, influencia diretamente o desempenho sustentável da organização ao longo do ciclo de vida dos ativos industriais.

Nos parágrafos a seguir serão abordados esses tópicos mostrando a visão e importância para a manutenção atual.

3.1 Manutenção

3.1.1 Evolução das Expectativas da Manutenção

A necessidade de as empresas serem competitivas, eficientes e rentáveis exige a evolução contínua das suas práticas de gestão. Neste contexto, o CMMS é um elemento fundamental para reforçar a capacidade de gestão: a digitalização facilita os processos e permite recolher muito mais informação, sustentando decisões mais informadas e eficazes (Sharma et al., 2019).

As estratégias de manutenção desempenham um papel central na operação eficiente dos sistemas de produção desde a revolução industrial, evoluindo continuamente as suas filosofias. A gestão científica de Frederick W. Taylor — estudo dos tempos e divisão do trabalho (Taylor, 2004) abriu, no início do século XX, as portas à organização moderna, mas até meados do século a manutenção permaneceu meramente reativa. O crescimento económico do pós-guerra obrigou-a a evoluir, num percurso que se agrupa em quatro gerações. Na primeira (mecanização, produção em massa, procura superior à oferta), as máquinas eram simples e a manutenção limitava-se a intervir em emergência, sem planeamento — manutenção reativa. Na segunda (pós-II Guerra), o aumento da complexidade dos equipamentos elevou os custos de reparação e as perdas por imobilização, originando estratégias de manutenção preventiva e planeada para prevenir avarias e prolongar a vida útil.

À medida que a oferta ultrapassou a procura e a competitividade cresceu, as filosofias voltaram-se para a disponibilidade, a fiabilidade, a qualidade, a eficiência e, progressivamente, a segurança e a continuidade do negócio — introduzindo-se a manutenção centrada na fiabilidade, condicionada, preditiva e proactiva (de melhoria). Já no século XXI, com as TIC, a globalização e a crescente complexidade dos equipamentos, as palavras-chave passaram a ser a resiliência, a visibilidade, os sistemas inteligentes e o autodiagnóstico: é a era da manutenção preditiva baseada em IoT, Big Data e Data Mining, da manutenção baseada no risco e da monitorização remota em tempo real (Aktef, Z., Cherrafi, A., Elfezazi, S., Skalli, D, 2025) Esta evolução não retirou valor aos

métodos “antigos”: os sistemas de manutenção bem-sucedidos combinam soluções de todas as gerações, sendo natural que, consoante os mercados e as tecnologias, a estratégia ótima seja tanto a simples reparação após avaria como uma forte instrumentação com tratamento massivo de dados.

3.1.2 Gestão da Manutenção e a Gestão da Ativos

A norma ISO 55000 define Gestão de Ativos como “um conjunto coordenado de atividades de uma organização para a realização de valor através dos seus ativos”, equilibrando custos, riscos e desempenho ao longo do ciclo de vida; a ISO 55001 detalha os requisitos do respetivo sistema de gestão, aplicáveis a qualquer organização com ativos físicos ou intangíveis. A NP EN 13306:2017 define Gestão da Manutenção como o conjunto de atividades que determinam objetivos, estratégias e responsabilidades de manutenção e as concretizam através do planeamento, controlo, supervisão e melhoria dos métodos, incluindo os aspetos económicos. Por seu lado, a ISO 9001 sublinha que as atividades de manutenção devem ser sistematicamente planeadas, monitorizadas, documentadas e melhoradas de forma contínua, assegurando a fiabilidade dos ativos, a satisfação dos clientes e a conformidade regulamentar.

3.1.3 Sistemas e Processos da Gestão da Manutenção

Ciclo PDCA

O ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), também conhecido como ciclo de Deming, é uma método/ciclo de melhoria contínua essencial para a gestão da manutenção e diversos processos industriais. Consiste em quatro etapas interligadas:

- Planear (Plan): Definir metas, identificar problemas, analisar causas e criar um plano de ação para melhorias nos processos ou na gestão da manutenção.
- Fazer (Do): Implementar o plano desenvolvido, realizando as atividades conforme o planejado, como inspeções, manutenções corretivas e preventivas.
- Verificar (Check): Monitorizar e analisar os resultados das ações tomadas, avaliando indicadores de desempenho e comparando-os com os objetivos traçados.
- Agir (Act): Agir corretivamente com base na análise dos resultados, promovendo ajustes, padronizações e novas ações para aprimorar continuamente os processos.

O PDCA proporciona uma abordagem estruturada para organizar atividades, aumentar a eficiência, reduzir falhas e garantir a fiabilidade dos ativos industriais, estabelecendo uma cultura de melhoria contínua dentro das organizações. (Silva, 2022)

A manutenção nos sistemas de gestão e sistemas de gestão integrados é essencial para garantir o desempenho eficiente, confiável e sustentável dos ativos ao longo de seu ciclo de vida. A norma ISO 55001, que especifica requisitos para sistemas de gestão de ativos, destaca a importância da integração da manutenção dentro do contexto mais amplo da gestão estratégica dos ativos da organização.

Definição e contexto

Segundo a ISO 55001:2024, um sistema de gestão de ativos consiste no estabelecimento, implementação, manutenção e melhoria contínua de processos que maximizam o valor dos ativos, minimizando custos e riscos e assegurando sustentabilidade e resiliência operacional; nele, a manutenção é um componente vital, responsável pela fiabilidade e disponibilidade dos ativos e, por essa via, pelo alcance dos objetivos organizacionais. Ao basear-se na estrutura de alto nível do Anexo SL, a norma facilita a integração com outros sistemas de gestão – qualidade (ISO 9001), ambiente (ISO 14001) e saúde e segurança (ISO 45001) –, promovendo uma abordagem holística e eficiente.

Importância da manutenção integrada nos sistemas de gestão

A integração da manutenção em sistemas de gestão permite:

- Otimização do desempenho dos ativos com base em dados confiáveis e monitorização em contínuo;
- Alinhamento dos processos de manutenção com a estratégia empresarial e políticas de gestão de ativos;
- Melhoria da eficiência operacional e redução de custos por meio do planeamento e execução sistemática das atividades de manutenção;
- Gestão eficaz dos riscos associados à operação e falhas dos ativos;
- Implementação de práticas de melhoria contínua que potencializam a sustentabilidade e a resiliência organizacional.

- Funções Planeamento, Execução e Controlo (no controlo pode-se referir a importância dos indicadores para esta função e contribuir como instrumento para o ciclo de gestão da manutenção e melhoria.)

3.1.4 Conceito de manutenção

A manutenção existe para garantir o bom funcionamento e a reparação dos equipamentos: deve assegurar o funcionamento e, quando a falha é inevitável, repor o ativo na sua função. Embora a missão seja consensual, a perspetiva de cada interveniente difere – o gestor de topo espera que a manutenção cumpra o orçamento e controle as suas atividades; o controlo de gestão procura o rigor e a transparência dos custos; as operações esperam a disponibilidade dos ativos de que dependem; e o gestor de manutenção foca-se na fiabilidade dos equipamentos sob a sua responsabilidade (Alsyouf, 2007).

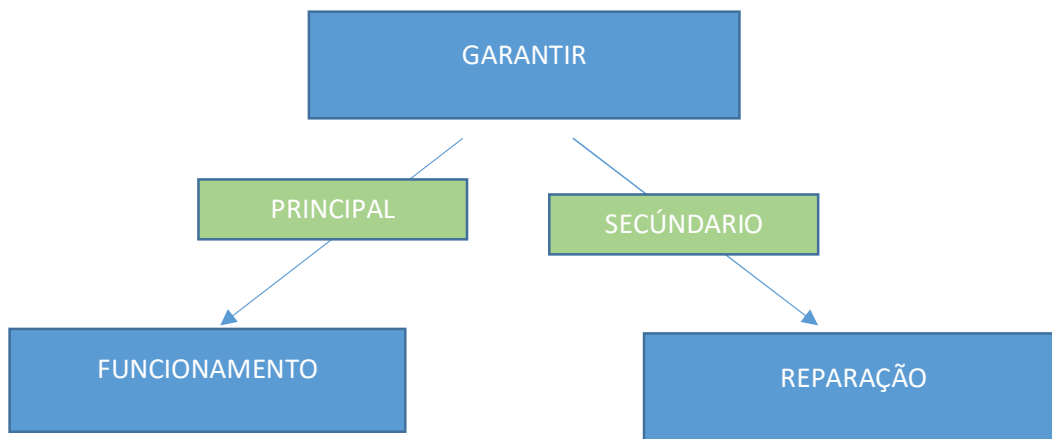


Figura 10 - Conceito da manutenção

A Figura 10 representa, de forma simplificada, as diferentes perspetivas sob as quais a função manutenção é analisada dentro da organização. Na primeira linha surgem quatro eixos principais de interesse: fiabilidade, disponibilidade, custos e orçamento. Cada um destes eixos está associado a um interlocutor interno distinto, evidenciando que a manutenção não responde apenas a um único “cliente”, mas a vários *stakeholders* com expectativas específicas.

Assim, a fiabilidade dos equipamentos é a dimensão prioritária para o gestor da manutenção, que procura assegurar ativos tecnicamente robustos e com baixa taxa de avarias. A disponibilidade está no centro das preocupações do gestor de produção, uma vez que paragens não planeadas afetam diretamente a capacidade produtiva. Os custos são o foco da área de controlo de gestão, interessada em medir, comparar e otimizar o

esforço financeiro associado às atividades de manutenção. Por fim, o orçamento constitui a perspectiva dominante do diretor, que necessita de garantir sustentabilidade económica global, alinhando os recursos atribuídos à manutenção com a estratégia e os objetivos da empresa.

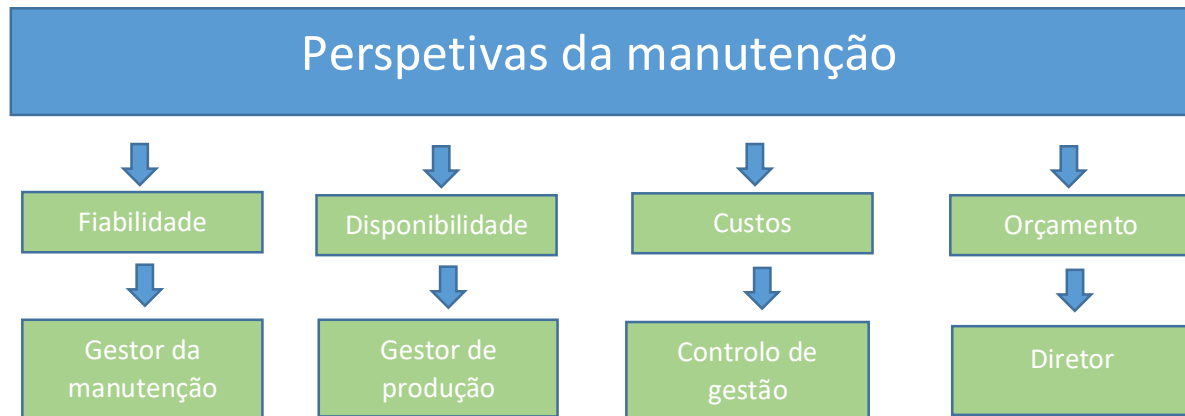


Figura 11 - Perspetivas da manutenção

3.1.5 Enquadramento e Âmbito da Manutenção

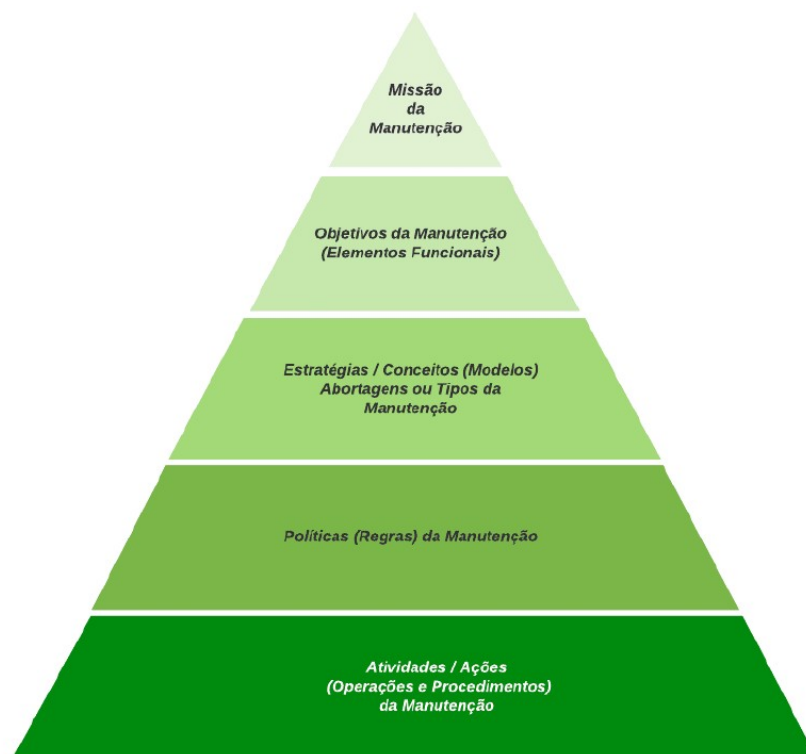


Figura 12 - Pirâmide de (Pintelon & Parodi-Herz, 2008)

A missão da gestão de ativos e da manutenção é determinada pelo mercado em que a empresa opera e pelo seu contributo para a competitividade e os resultados, dependendo fortemente da estratégia empresarial e do modelo de diferenciação adotado. A partir daí, definem-se: os objetivos e elementos funcionais – disponibilidade dos equipamentos, qualidade dos produtos e serviços, conformidade regulamentar, ambiental e de segurança, e as atividades de suporte (informação, procedimentos, custos, desenvolvimento e melhorias). São também definidas as opções estratégicas adequadas à realidade concreta – reparar, conservar, observar, prever, integrar, melhorar, evitar; as políticas a seguir – reativa, preventiva, preditiva, proactiva (melhoria); e, ao nível de maior detalhe (equipamentos, processos e funções), as ações concretas de manutenção corretiva, preventiva, inspetiva (preditiva) e proactiva.

3.1.6 As Pessoas Estão no Centro da Gestão da Manutenção

No centro de toda a atividade da manutenção estão as pessoas! É da sua atitude que depende a segurança de como que operamos, a qualidade dos produtos fabricados e dos serviços que prestamos, a forma como evitamos os impactes sobre o meio ambiente, gerimos os riscos e, no limite, evitamos as avarias e estendemos a vida útil dos ativos.



Figura 13 - As pessoas, chave do sucesso

3.1.7 Conceitos e Definições

Para uma só linguagem de manutenção e indicadores de manutenção é preciso definir de forma ambígua todos os conceitos necessários para desenhar, organizar uma empresa, alguns conceitos e definições necessárias e por onde se rege a teses está no anexo 1.

3.1.8 Tipos e Estratégias da Manutenção:

Os tipos e estratégias da manutenção são definidos em função da ocorrência da avaria, ou estado de falha do ativo.

Manutenção Preventiva:

Manutenção efetuada a intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um ativo. Realiza-se antes da falha.

- **Manutenção Programada**

Manutenção preventiva efetuada de acordo com um calendário pré-estabelecido ou de acordo com um número definido de unidades de utilização.

- **Manutenção Sistemática**

Manutenção preventiva efetuada a intervalos de tempo preestabelecidos ou segundo um número definido de unidades de utilização, mas sem controlo prévio do estado do ativo.

- **Manutenção Condicionada**

Manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do ativo ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes. A observação do funcionamento e dos parâmetros pode ser executada segundo um calendário, a pedido ou de modo contínuo.

- **Manutenção Preditiva**

Manutenção condicionada efetuada de acordo com as previsões extrapoladas da análise e da avaliação de parâmetros significativos da degradação do ativo.

Manutenção Corretiva:

Manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria e destinada a repor um ativo num estado em que pode realizar uma função requerida.

- **Manutenção de Urgência**

Manutenção corretiva que é efetuada imediatamente após a deteção de um estado de falha, para evitar consequências inaceitáveis.

- **Manutenção Diferida**

Manutenção corretiva que é efetuada imediatamente após a deteção de um estado de falha, para evitar consequências inaceitáveis.

3.1.9 Adequabilidade dos Modelos e Métodos da Manutenção

A temática dos modelos e métodos da manutenção é abordada e analisada pelos autores (Rastegari & Mobin, 2016), (Labib, 2004), (Fridholm, 2018), em termos da sua adequabilidade às características observadas das falhas em termos da sua frequência e dos tempos de paragem por elas provocados. O Quadro 1 apresenta uma compilação adaptada dos conteúdos dos trabalhos dos autores referidos.

Quadro 1 - Comparação Tempo de paragem vs frequência

Tempo de Paragem \ Frequências das Avarias	Tempo Paragem Baixo Reparação fácil/pouco complexa	Tempo Paragem Médio Reparação de dificuldade Média	Tempo Paragem Elevado Reparação mais difícil ou complexa
Frequência Baixa Poucas Avarias	BM Poucas Avarias Fáceis de Reparar	TBM Quando Poucas Avarias Alguna Dificuldade de Reparação	CBM Poucas Avarias Difíceis de Reparar
Frequência Média Poucas Avarias	TBM QUEM Algumas Avarias Fáceis de Reparar	TBM Algumas Avarias Alguna Dificuldade de Reparação	TBM O QUÊ Algumas Avarias Difíceis de Reparar
Frequência Alta Muitas Avarias	SLU Muitas Avarias Fáceis de reparar	TBM COMO Muitas Avarias Alguna Dificuldade de reparação	DOM Muitas Avarias Difíceis de Reparar

Quando o impacto das paragens provocadas pelas falhas é baixo (pouco tempo de paragem), isto é, quando as avarias são simples de resolver, os modelos de manutenção a aplicar dependem do número de avarias, ou seja, da sua frequência.

Quando esta é baixa, podemos adotar uma estratégia de BM - Breakdown Maintenance (Run to Fail) Manutenção Corretiva (Usar até avariar). O baixo número de avarias e a facilidade de as resolver permite atuar apenas quando estas ocorrem e, assim, utilizar o ativo até ao limite da sua vida, intervindo apenas após a sua falha.

Quando a frequência de avarias é elevada, a estratégia recomendada passa por elevar as competências dos operadores, de forma a que sejam capazes de resolver autonomamente esse tipo de falhas (Skills Level Upgrade / Manutenção Autónoma). Apesar do número de avarias ser elevado, a sua reparação é relativamente simples, o que

justifica a adoção de estratégias de desenvolvimento de competências locais, ao nível da operação e das equipas autónomas, para a sua resolução.

Por outro lado, se as falhas forem responsáveis por uma elevada perda de disponibilidade, isto é, as avarias provocam tempos de paragem consideráveis, a estratégia depende igualmente da frequência de falhas. Assim, caso esta seja baixa, como a sua dificuldade é significativa, deve-se usar a estratégia de controlo da condição, de modo a evitar que estas ocorram. As estratégias a seguir deverá ser CBM – Condition Based Maintenance, Manutenção Condicionada. Embora o número de avarias seja baixo, a dificuldade de as resolver e o tempo que isso demora aconselha a implementar um programa de controlo da condição para atuar antes que estas ocorram.

Se o impacto das avarias em termos de tempo de paragem e a frequência forem elevados, a estratégia recomendada deverá ser orientada para a remoção das causas das avarias através da introdução de melhorias. DOM - Design-Out Maintenance. O elevado número de avarias, a dificuldade na sua resolução e o tempo necessário para as reparar justificam uma análise dos ativos ou dos processos, com o objetivo de identificar e corrigir eventuais problemas de conceção, construção ou adequação. Quando se verifica a recorrência de avarias ou dificuldades persistentes na sua resolução, a decisão estratégica deve orientar-se para a implementação de uma manutenção preventiva sistemática.

Quando a dificuldade é menor, e existe alguma frequência de avarias deverá ser orientada para uma execução pela manutenção autónoma, caso a sua dificuldade seja menor - TBM QUEM - Time Based Maintenance (Focus Who) Manutenção Sistemática (Foco no Executante). Embora existam algumas avarias, o esforço de reparação e consequente perda por paragem não é elevado, pelo que se poderá recorrer a um programa de manutenção sistemática. com ênfase na facilidade de encontrar as competências de execução para intervir e eliminar as degradações que as causam.

Por outro lado, quando a sua dificuldade é maior - TBM O QUÊ - Time Based Maintenance (Focus What) Manutenção Sistemática (Foco em Quê). Embora o número de avarias não seja muito significativo, o esforço necessário para a sua reparação e a consequente perda por paragem são consideráveis. Nestes casos, deve recorrer-se a um programa de manutenção sistemática, com ênfase na definição dos componentes ou processos sobre os quais intervir e na realização de ações preventivas sistemáticas que contribuam para eliminar as causas da degradação na origem das avarias.

Quando as avarias têm alguma complexidade, mas o seu número é baixo, a questão a resolver relativamente à manutenção preventiva sistemática está relacionada com o

momento em realizá-la - TBM QUANDO – Time Based Maintenance (Focus When) Manutenção Sistemática (Foco no momento). Embora as avarias sejam pouco numerosas, existe alguma dificuldade para as reparar. Deste modo, deve-se implementar um programa de manutenção sistemática com ênfase na avaliação dos ciclos de degradação para seleccionar o momento em que esta deve ocorrer.

Já no caso das avarias serem mais numerosas em conjunto com a dificuldade que existe para as resolver sugere que se foque no procedimento de reparação - TBM COMO – Time-Based Maintenance (Focus How) Manutenção Sistemática (Foco em Como). O elevado número de avarias e o facto de estas implicarem algum esforço e dificuldade para as reparar sugere-nos a adoção de estratégias de intervenção sistemática centradas no modo como eliminar a degradação que origina essas avarias.

Em resumo, quanto maior a dificuldade e menor o impacto em termos de paragem, maior será a tendência para aproximar a nossa estratégia da manutenção condicionada. Pelo contrário, quanto maior a frequência de avarias e menor a sua complexidade, mais próximos nos encontraremos da manutenção autónoma.

3.1.10. Auditorias à Manutenção

Na ideia de saber onde (WHERE) se encontra a manutenção, são usadas ferramentas de diagnóstico e auditoria, onde são debatidos os problemas quando se faz o diagnóstico. Estas ferramentas revestem-se de especial importância como método de diagnóstico e análise.

Auditar a Manutenção

O método de diagnóstico que se propõe utilizar é composto por três passos:

1. Determinar o estágio evolutivo da manutenção e avaliar a sua adequabilidade ao tipo de operação que temos em mãos;
2. Definir os requisitos funcionais que se colocam à manutenção, permitindo com isso obter uma percepção da missão da manutenção no contexto do negócio onde nos encontramos
3. Caracterizar a percepção dos problemas com que se debate a manutenção e avaliar que tipo de ações deverão ser tomadas no sentido de os ultrapassar.

Estádio Evolutivo da Manutenção

O primeiro passo da realização de uma auditoria à manutenção passa por identificar qual o estágio evolutivo em que se encontra a manutenção. Para esse efeito, recorreu-se a entrevistas suportadas por um questionário construído com base na pirâmide das tipologias de manutenção e da sua evolução, apresentada na Figura 14. Esta pirâmide reflete a forma como a manutenção se tem desenvolvido em função das exigências e expectativas dos utilizadores, bem como das necessidades de aumento da eficiência das operações, com vista à garantia da competitividade da empresa.

Em consequência, em cada um dos estádios da evolução da manutenção, encontramos perspectivas e abordagens estratégicas que se orientam para responder aos aspetos mais críticos que o mercado coloca em cada momento.

Assim, como representado na Figura 14, evolui-se desde uma manutenção puramente reativa, centrada apenas na avaria e na sua resolução, para uma manutenção que se esforça por determinar a causa das falhas e a sua eliminação, tentando com isso estender tanto quanto possível a vida útil dos ativos.

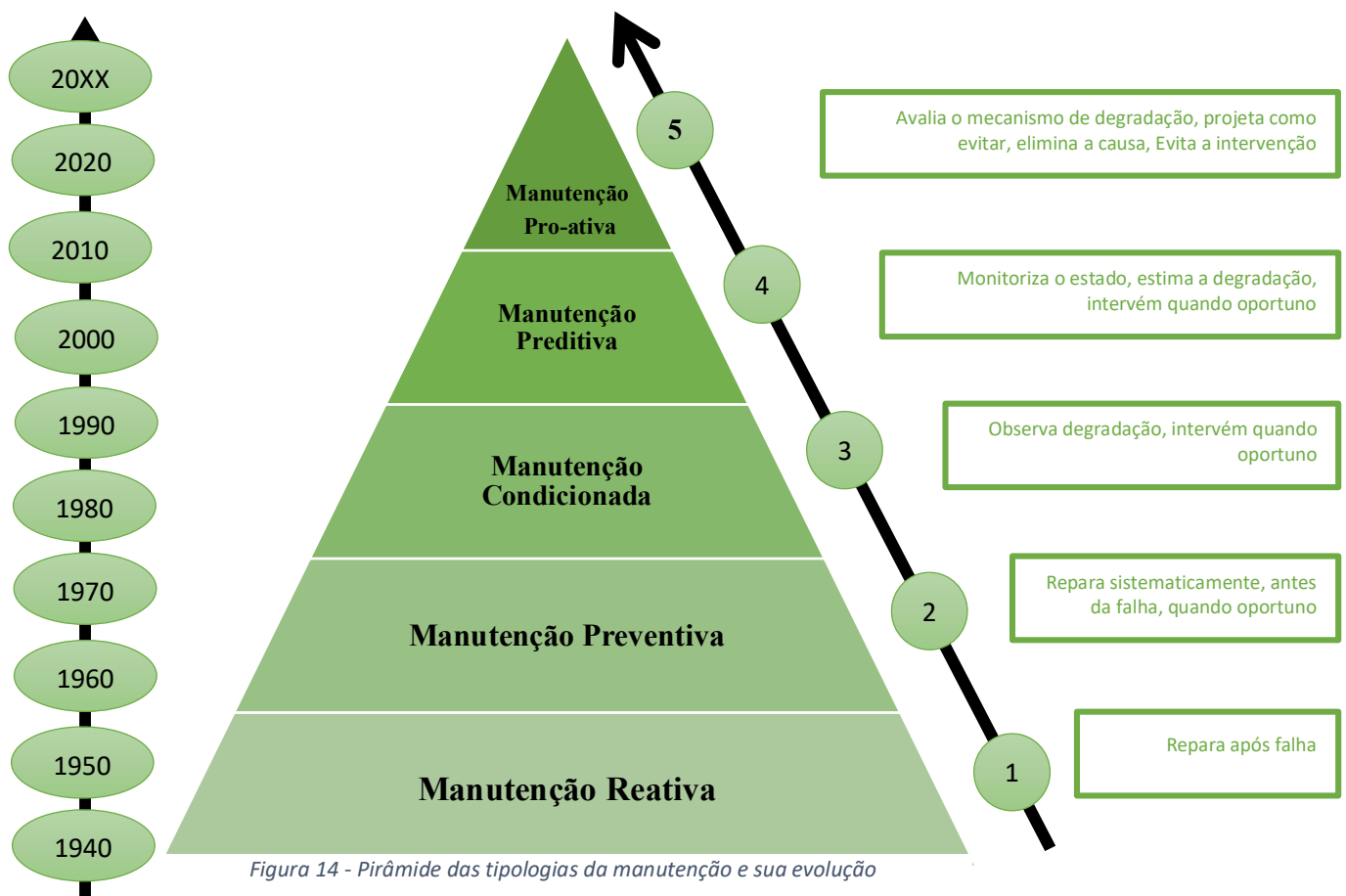


Figura 14 - Pirâmide das tipologias da manutenção e sua evolução

Associados a estes estádios identificam-se os instrumentos e métodos que lhe são característicos, procurando-se detetar a sua presença na organização em análise.

A maturidade da manutenção é determinada através da existência ou ausência de cada um daqueles elementos e da profundidade com que eles se encontram desenvolvidos, apresentando-se, deste modo, como um perfil. Não existe, contudo, uma resposta inequívoca que nos permita considerar que um certo perfil é adequado ou não em valor absoluto. Apenas se pode concluir sobre a adequação de um perfil de maturidade da manutenção quando relacionado com o contexto específico do processo e negócio em que a empresa opera.

Manutenção Pro-ativa • Extensão de vida (Gestão o ciclo de vida) • Manutenção de melhoria (introdução de melhorias) • Manutibilidade (projeto de manutenção, RAMS)
Manutenção Preditiva • Estudos de fiabilidade • IoT, Big Data, I4.0, Smart Systems • Gestão de conhecimento • Manutenção preditiva
Manutenção Condicionada • Sistema de informação de gestão da manutenção • Avaliação de risco e falhas • Manutenção Autónoma/ TPM • Controlo da condição • Manutenção Condicionada
Manutenção Preventiva • Conformidade legal (inspeções e ensaio de conformidade e obrigações legais) • Manutenção sistematica (Rotinas de lubrificação, inspeção ou outros) • Manutenção programada • Planeamento e preparação de trabalhos • Revisões e grandes reparações
Manutenção reativa • Manutenção reativa (reparação temporária) • Manutenção de urgencia (Reparação imediata) • Manutenção diferida (manutenção de oportunidade) • Manutenção corretiva (Reparação da falha)

Figura 15 - Evolução das Tipologias da Manutenção

Requisitos Funcionais da Manutenção

Para existir um bom diagnóstico é preciso determinar os requisitos funcionais que são colocados à manutenção. Sabendo que a manutenção pode responder adequadamente às exigências e ajustar o nosso desempenho.

É dividido os elementos funcionais (da manutenção em 7 grandes grupos (objetivos):

- Disponibilidade (garantia da disponibilidade do equipamento / ativos)
- Eficiência (garantia da eficiência do equipamento / ativos)
- Qualidade (garantia da qualidade do produto)
- Documentação (gestão documentos, registos e dados – procedimentos e métodos)
- Obrigações / Compliance¹ (cumprimento das obrigações legais)
- Custos (otimização de custos)
- Inovação (manutenibilidade, melhoria e desenvolvimento de produto)

Identifica-se igualmente em cada uma destas funções um conjunto de elementos que as definem e caracterizam:

Disponibilidade:

- Maximização dos tempos entre falhas (MTBF)
- Minimização dos tempos de reparação (MTTR)
- Minimização das perdas de produção (Downtime)

Eficiência:

- Maximização do rendimento material
- Estabilidade das cadências e dos ritmos de trabalho
- Otimização da eficiência energética

Qualidade:

- Minimização dos defeitos por desafinação
- Minimização dos defeitos por desgaste
- Eliminação dos defeitos por falhas de operação
- Eliminação dos defeitos por falta de limpeza

Documentação:

- Atualização dos procedimentos de manutenção
- Atualização dos procedimentos de operação
- Regras de comunicação eficientes e eficazes
- Disponibilidade e partilha interdepartamental de dados

Obrigações Legais:

- Higiene Segurança e Saúde
- Eficiência energética e proteção ambiental
- Calibrações e metrologia
- Conformidade com diretivas, regulamentos, sistemas e normas

Custos:

- Matérias-primas, peças e consumíveis, combustíveis e energia
- Serviços, contratação, logística e stocks
- Tempos, cadências, planeamento, programação, execução
- Não-qualidade
- Layouts, estudos de fiabilidade, otimização operacional

Inovação:

- Otimização do tempo de vida
- Flexibilização de capacidades
- Determinação de obsolescência tecnológica / seleção de alternativas
- Otimização da fiabilidade, análises de falha, eliminação das causas

Manutenibilidade: pode ser descrita, em contexto de engenharia e gestão de ativos, como a capacidade de um equipamento ou sistema ser reparado, inspecionado ou ajustado de forma rápida, segura e com o menor consumo possível de recursos.

- O tempo médio necessário para restaurar a função após uma falha (MTTR).
- A facilidade de acesso aos componentes, disponibilidade de documentação, ferramentas e sobressalentes.
- O nível de padronização, modularidade e ergonomia das soluções técnicas, que reduz complexidade das intervenções.

3.1.11. Maturidade da Manutenção

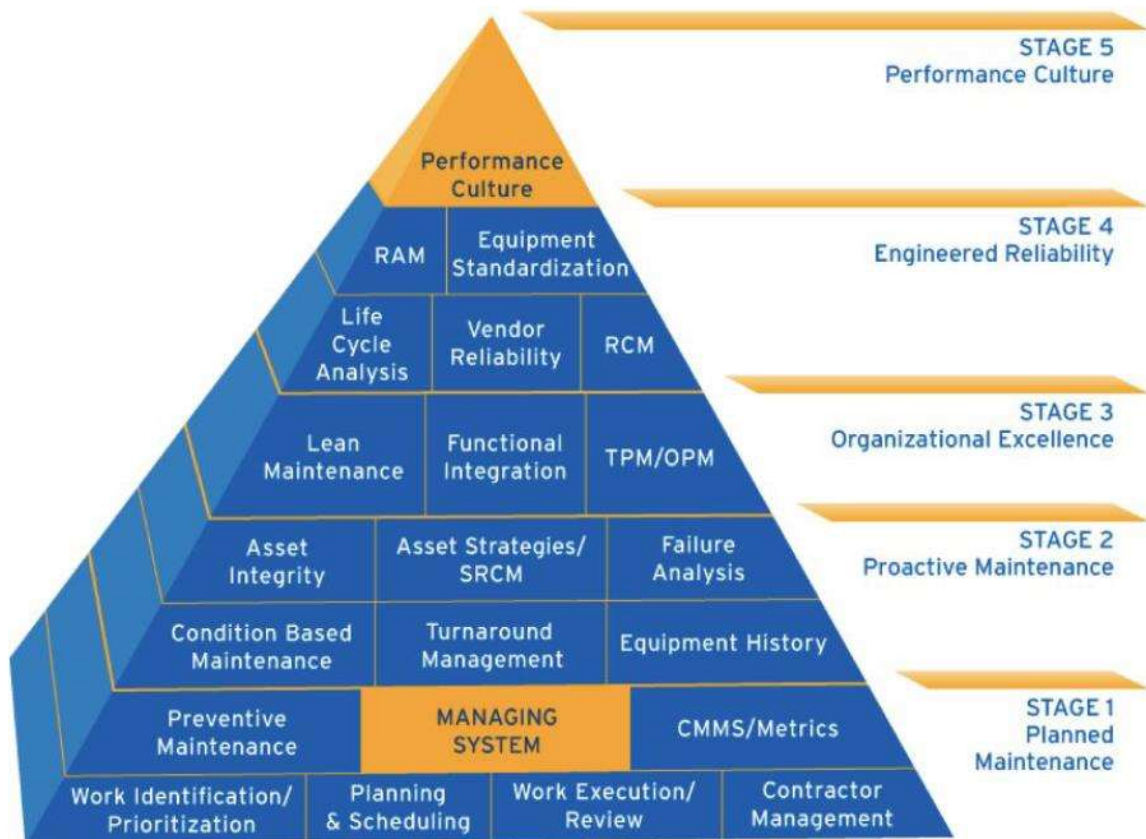


Figura 16 - Nível de maturidade da manutenção

Níveis de Maturidade da Manutenção

1 - Exemplo de Questionário à Maturidade do Planeamento

- Os trabalhos da manutenção são solicitados formalmente?
- São atribuídas prioridades aos trabalhos?
- Existe uma listagem de trabalhos conhecida e uma carga de trabalho estimada para cada momento?
- O trabalho é planeado?
- É programado? É calendarizado de acordo com os recursos, as cargas e as prioridades?
- As estimativas de tempo de execução são feitas com alguma precisão?
- Existe um controlo de execução dos trabalhos e a eficácia dos resultados?
- Qual as percentagens dos trabalhos executados foram programadas antecipadamente?
- Os trabalhos executados dispõem atempadamente de preparação, peças, materiais, ferramentas, documentação, autorizações, etc.?

- A preparação do trabalho inclui instruções claras sobre o que deve ser intervencionado ou substituído?
- Existem procedimentos ou instruções que especifiquem claramente como executar os trabalhos?
- Qual a carga de trabalho que é distribuída antecipadamente às equipas de trabalho?
- A função do planificador está claramente definida?

2 - Exemplo de Questionário à Maturidade da Execução

- Qual a relação entre as paragens planeadas e não planeadas?
- Qual o nível de planeamento dos trabalhos das paragens programadas?
- Existem procedimentos /instruções para a execução dos trabalhos preventivos? e corretivos?
- Existem procedimentos / instruções para a realização de inspeções periódicas, lubrificação, limpezas, afinações e outros trabalhos de rotina (checklists, frequências, descrições, rotas)?
- Os procedimentos / instruções têm em consideração as competências e a formação dos executantes, os recursos, ferramentas envolvidas, os padrões de referência da execução e os riscos associados?
- Procedem-se regularmente à análise de desvios aos planos, tempos, quantidade e qualidade dos trabalhos executados?
- Existe um acompanhamento do trabalho programado em atraso e das cargas correntes de trabalho?
- Quanto do trabalho não programado impacta na carga de trabalho extraordinário?
- Quantos trabalhos preventivos são executados com base na condição do equipamento / componentes?
- Há rotinas de verificação do equipamento no início de cada turno?
- Como são registadas as observações de rotina e comunicadas as anomalias detetadas?
- Como são registados os trabalhos diários de manutenção e assistência ao equipamento?
- Como se controla o tempo de execução dos trabalhos?
- Existe uma revisão das razões dos desvios dos tempos estimados para a execução do trabalho

- Existe um registo das perdas de produção por avaria?
- Existem indicadores de disponibilidade do equipamento?

3.2 Digitalização da gestão manutenção e do seu controlo

3.2.1 Tendência crescente de digitalização da manutenção e sua gestão

A digitalização da manutenção tem-se consolidado como uma tendência incontornável no setor industrial, transformando profundamente os paradigmas da gestão e do controlo de ativos produtivos. A crescente adoção de tecnologias digitais, tais como sensores IoT, sistemas de monitorização contínua e análise de dados em tempo real, permite uma gestão mais inteligente dos processos de manutenção, impulsionando ganhos expressivos em eficiência, previsibilidade e disponibilidade dos equipamentos. A digitalização proporciona não apenas o controlo rigoroso dos planos de manutenção e dos recursos, mas também potencia a transição de modelos reativos para modelos preditivos e preventivos, capazes de minimizar custos, paragens e desperdícios (ul Hassan et al., 2025). Tal transformação é vista como fundamental para que as organizações possam responder às exigências de mercados altamente competitivos e em constante evolução tecnológica.

3.2.2 Importância dos CMMS na Gestão da Manutenção (incluindo para a sustentabilidade)

Os sistemas informáticos de gestão da manutenção (CMMS) surgem como ferramentas indispensáveis para organizações que procuram estruturar, monitorizar e otimizar todas as etapas relacionadas com a preservação dos seus ativos. O CMMS centraliza informações, ordens de serviço, possibilita o acompanhamento em tempo real de indicadores de desempenho e fornece suporte à manutenção preditiva, preventiva e corretiva. Benefícios como a redução de custos, aumento da vida útil dos equipamentos, melhor alocação de recursos, rastreabilidade, transparência e conformidade legal são diretamente proporcionados pelo uso do CMMS (Wienker et al., 2016). No contexto da sustentabilidade, a utilização de CMMS contribui para a minimização do desperdício de recursos e energia, apoia estratégias ESG, facilita a gestão documental e reduz o impacto ambiental das operações de manutenção industrial ao promover práticas de economia circular e eficiência energética.

3.3 Paradigmas de Digitalização e Gestão da Manutenção com CMMS

3.3.1 Paradigmas da Digitalização

A digitalização representa uma transformação profunda no paradigma da gestão da manutenção industrial, promovendo a transição de processos essencialmente manuais e fragmentados para sistemas integrados e orientados por dados. Tal mudança permite o acesso em tempo real de informações de equipamentos, facilita a análise histórica de falhas e promove uma abordagem mais preditiva e estratégica na manutenção, essencial para o aumento da produtividade e da eficiência operacional. Adicionalmente, a digitalização impulsiona o desenvolvimento da manutenção preditiva, por meio de sensores IoT e análise de Big Data, contribuindo decisivamente para a competitividade industrial (Varalakshmi & Kumar, 2025).

3.3.2 Digitalização e CMMS

O advento dos sistemas Computerized Maintenance Management System (CMMS) consolidou o papel da digitalização na gestão de ativos, permitindo a administração centralizada de ordens de serviço, gestão de inventário e análise de custos. O CMMS digitaliza rotinas antes dependentes de papel e folhas de Excel, fornecendo métricas precisas e facilitando auditorias, enquanto integra dados de campo ao sistema de gestão da empresa (Robatto Simard et al., 2024). A utilização do CMMS possibilita o seguimento detalhado do ciclo de vida dos ativos, melhora a comunicação entre equipas e aumenta significativamente a eficiência administrativa.

3.3.3 Indústria 4.0 e CMMS

A Indústria 4.0 assenta na convergência entre sistemas ciberfísicos, conectividade industrial e capacidade analítica avançada, integrando progressivamente os ativos físicos e os sistemas digitais de gestão. Neste enquadramento, o CMMS assume um papel estruturante como interface entre o chão de fábrica e a camada de decisão, centralizando a informação técnica, histórica e económica dos ativos. Quando articulado com sensores, dispositivos IoT e recolha de dados em tempo real, deixa de ser uma simples ferramenta de registo transaccional e passa a constituir um hub operacional de consolidação e tratamento de dados, que suporta a monitorização contínua do estado dos equipamentos, a deteção de desvios de condição, a inferência de padrões de degradação e a antecipação de falhas — habilitando estratégias baseadas na condição, preditivas e, progressivamente,

prescritivas. A integração com dashboards, business intelligence e algoritmos de análise avançada favorece a visualização multidimensional do desempenho, a priorização de intervenções e a alocação otimizada de recursos (Hofmann & Rüsch, 2017). Deste modo, a digitalização da manutenção reforça a eficiência e a fiabilidade operacional, a rastreabilidade e a padronização de processos, contribuindo para uma gestão de ativos mais robusta, preditiva e alinhada com os objetivos estratégicos da empresa.

3.3.4 Indústria 5.0 e CMMS

A emergência da Indústria 5.0 constitui uma evolução conceptual face ao paradigma da Indústria 4.0, ao reorientar o desenvolvimento industrial para uma lógica simultaneamente humanocêntrica, sustentável e resiliente. Neste quadro, a tecnologia deixa de ser entendida apenas como mecanismo de automação e de maximização de eficiência, passando a assumir um papel instrumental na valorização do trabalho humano, na personalização das operações e na robustez dos sistemas produtivos (Zhang et al., 2023). O CMMS, enquanto plataforma digital de suporte à gestão da manutenção e dos ativos, integra-se neste novo referencial ao disponibilizar informação estruturada sobre o estado operacional dos equipamentos, os históricos de falha, os custos de intervenção e os indicadores de desempenho.

Esta capacidade de agregação e análise de informação permite a transição de modelos de manutenção reativa para abordagens preditivas e prescritivas.

A integração de inteligência artificial, machine learning, análise avançada de dados e fontes de informação em tempo real reforça a capacidade do CMMS para apoiar processos decisórios human-in-the-loop, nos quais a experiência técnica do operador permanece central, mas é potenciada por algoritmos de apoio à decisão e por mecanismos de antecipação de risco. Deste modo, o CMMS deixa de ser apenas um repositório transaccional de ordens de trabalho e evolui para uma infraestrutura digital crítica para a coordenação entre homem, máquina e sistema, contribuindo para a fiabilidade dos ativos, para a segurança operacional e para a sustentabilidade global da atividade industrial (Kans & Campos, 2024).

3.3.5 Transformação digital e CMMS

A transformação digital na manutenção industrial, o CMMS deixa de ser um registo transaccional de ordens de trabalho e passa a constituir um hub de consolidação e tratamento de dados técnicos, históricos e económico-operacionais dos ativos. A articulação com sensores e dispositivos conectados permite monitorizar o estado dos

equipamentos, detetar desvios de condição e antecipar modos de falha, suportando estratégias baseadas na condição, preditivas e, progressivamente, prescritivas. A integração com dashboards, business intelligence e análise avançada favorece a identificação de tendências, a priorização de intervenções e a alocação otimizada de recursos (Karki et al., 2024). A digitalização reforça, assim, a eficiência, a rastreabilidade e a padronização, alinhando a gestão de ativos com os objetivos estratégicos.

3.3.6 CMMS e EAM Systems

Embora o CMMS seja especializado na digitalização e otimização das tarefas de manutenção, os sistemas Enterprise Asset Management (EAM) abrangem todas as etapas do ciclo de vida dos ativos empresariais, incluindo aquisição, operação, manutenção e desativação. O EAM agrega módulos financeiros, de conformidade e de estratégia, proporcionando uma visão holística (aborda tudo como um todo) da gestão de ativos, enquanto o CMMS pode ser considerado uma peça funcional dentro do EAM. Assim, organizações de maior maturidade tendem a utilizar sistemas EAM integrados ao CMMS para maximizar o valor dos seus ativos a longo prazo.

3.4 CMMS e Sustentabilidade

3.4.1 Sustentabilidade

A sustentabilidade empresarial articula três dimensões – ambiental, social e de governança (ESG) –, sendo hoje um imperativo estratégico e não apenas uma questão de conformidade normativa. Traduz-se na adoção de estratégias que promovem a eficiência produtiva, a redução de desperdícios e o desenvolvimento de produtos com menor impacto ao longo do ciclo de vida, reforçando a competitividade e a resiliência das organizações. A sua integração na cultura corporativa apoia-se em sistemas de gestão ambiental e em certificações internacionalmente reconhecidas, transformando-se num vetor de criação de valor partilhado.

3.4.2 Sustentabilidade ESG

O conceito de ESG (Environmental, Social and Governance) tornou-se fulcral na construção de estratégias empresariais responsáveis. A abordagem ESG integra padrões ambientais, sociais e de governação corporativa, exigindo das empresas, transparência em práticas ambientais, respeito aos direitos humanos, diversidade e ética nos processos decisórios. Organizações que adotam políticas ESG eficazes tendem a apresentar melhor

desempenho financeiro, reputação aprimorada e maior acesso a investimentos sustentáveis.

3.4.3 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

Os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pelas Nações Unidas, representam um conjunto de metas que visam erradicar a pobreza, promover a prosperidade e proteger o planeta. Empresas comprometidas com os ODS incorporam princípios de sustentabilidade nas suas atividades, contribuindo para metas como energia limpa, consumo responsável e ação climática. O cumprimento dos ODS requer a integração de práticas inovadoras, investimentos contínuos e sistemas de reporte transparentes (MANWINWIN, 2025).

3.4.4 Requisitos legais ESG e reporte e comunicação ESG

A crescente regulamentação internacional obriga as empresas a reportar e comunicar as suas iniciativas ESG de modo transparente e consistente. Requisitos legais europeus, como a Diretiva de Relato de Sustentabilidade Corporativa (CSRD), determinam a divulgação de indicadores quantitativos e qualitativos de desempenho ambiental, social e de governança. O reporte ESG tornou-se um mecanismo-chave para demonstrar conformidade, atrair investimentos e consolidar a reputação corporativa no mercado global (Cruz&Bras 1ª edição. Maio 2024).

3.4.5 Relevância dos CMMS para a Sustentabilidade

Os sistemas CMMS (Computerized Maintenance Management System) destacam-se como aliados essenciais para a sustentabilidade, ao otimizarem a vida útil dos ativos, reduzirem o consumo de recursos, minimizarem o desperdício e apoiarem a manutenção preditiva e preventiva. O uso do CMMS facilita o acompanhamento em tempo real de indicadores ambientais, garante a conformidade regulatória e apoia práticas de circularidade através da gestão eficiente de inventários. Ao digitalizarem processos, promovem a redução do uso de papel, aumentam a segurança operacional e contribuem para a resiliência organizacional face aos desafios ambientais contemporâneos (Oliveira, 2022).

3.5 CMMS na Gestão da Manutenção

3.5.1 CMMS contexto industrial capital intensivo da transformação da madeira

No setor industrial de capital intensivo, como o da transformação da madeira, a implementação de sistemas CMMS (Computerized Maintenance Management System) tornou-se crucial para a eficiência e longevidade dos ativos produtivos. O uso de plataformas digitais permite às indústrias centralizar informações de manutenção, agendar intervenções preventivas e monitorar a saúde dos equipamentos em tempo real. Assim, é possível evitar paragens não planeadas, reduzir custos de manutenção corretiva e aumentar a produtividade global do parque industrial, respondendo às exigências de qualidade, regulação e sustentabilidade do setor florestal e madeireiro (Karki & Porras, 2021)

3.5.2 Seleção de CMMS

A seleção de um CMMS deve fundamentar-se em critérios como o grau de automação, a integração com sistemas existentes (por exemplo, ERP), as funcionalidades específicas do segmento industrial, o suporte à mobilidade, a escalabilidade e a emissão de relatórios e KPI em tempo real, alinhando sempre a decisão com o plano estratégico de manutenção da organização. Soluções de mercado como o ManWinWin, eMaint ou Infraspark oferecem módulos ajustáveis a diferentes setores e dimensões, devendo a escolha ser sustentada por testes-piloto e pela comparação de funcionalidades, interface e facilidade de uso (Durán, 2011).

Critérios de seleção recomendados

- A escolha de um CMMS deve começar pela definição do grau de automação necessário e da capacidade de integração com sistemas corporativos como ERP, essenciais para garantir o fluxo de dados e a rastreabilidade dos ativos.
- É fundamental considerar funcionalidades específicas ao segmento industrial, incluindo suporte à mobilidade, escalabilidade de software e possibilidades de emissão e visualização ágil de relatórios e indicadores de desempenho (KPIs) em tempo real.
- Estudos e relatórios de mercado mostram que softwares como ManWinWin, eMaint e Infraspark figuram entre as soluções líderes por oferecer módulos inovadores, boa experiência de utilizador, testes-piloto e painéis de indicadores personalizáveis para diferentes perfis de empresa e requisitos industriais.

Métodos de avaliação

- A literatura sugere o uso de testes-piloto e benchmarks para comparar funcionalidades, interface e facilidade de uso dos sistemas, além do alinhamento contínuo ao plano estratégico e às normas internas de manutenção da organização.
- Métodos multicritério, como o Processo Hierárquico Analítico (AHP), podem auxiliar na priorização dos fatores decisivos e na seleção da solução mais adequada ao contexto e à maturidade digital da empresa.

• A adoção desses critérios garante uma implementação eficaz e alinhada ao crescimento e à estratégia de longo prazo de gestão de ativos industriais.

3.5.3 CMMS na Gestão da Manutenção

O CMMS proporciona uma visão centralizada de todas as atividades relacionadas com os ativos – do planeamento à execução, ao controlo de inventário, aos históricos de falhas e ao desempenho das tarefas. Ao digitalizar estes fluxos, o gestor ganha rastreabilidade, automação de processos e relatórios que suportam decisões baseadas em dados objetivos, contribuindo para a melhoria da fiabilidade operacional e do aproveitamento da mão-de-obra técnica (Guimarães, 2021)

3.5.4 CMMS no controlo da manutenção

No controlo da manutenção, o CMMS permite acompanhar indicadores em tempo real, gerir ordens de trabalho abertas e fechadas, programar manutenções preventivas e associar custos a cada intervenção. Este controlo detalhado assegura maior conformidade normativa, facilita auditorias internas e externas e apoia a melhoria contínua, tornando o acompanhamento do desempenho dos ativos e das equipas mais transparente e eficiente através de analytics e dashboards.

3.5.5 CMMS e os KPI no controlo da manutenção

A integração do CMMS com indicadores-chave de desempenho (KPI) possibilita o acompanhamento contínuo de métricas como o MTTR (Mean Time to Repair), o MTBF (Mean Time Between Failures), os custos de manutenção, o número de falhas e a disponibilidade dos ativos. Os relatórios gerados ajudam os gestores a identificar tendências, antecipar necessidades de recursos e ajustar estrategicamente os planos de manutenção; KPI alinhados com a realidade operacional permitem otimizar processos e garantir a entrega de valor ao longo do ciclo de vida dos ativos (Oliveira, 2022).

Indicadores da gestão de ativos

Segundo a NP EN 15341:2019, os indicadores de desempenho (KPI) são definidos para apoiar a gestão na procura da excelência da manutenção, entendendo-se o desempenho como o resultado da utilização eficiente dos recursos para manter um bem em condições de cumprir a função requerida. A norma organiza os indicadores por áreas – higiene e segurança, gestão da manutenção, competência dos colaboradores, engenharia da manutenção e armazém. Outros autores adotam classificações mais sintéticas: Castro (2014), por exemplo, divide-os em apenas três níveis – conceitos básicos, indicadores técnicos (desempenho) e indicadores económicos (custos).

Como conceitos básicos de manutenção dá o principal foco a:

- Taxa de avarias (λ), (1)
- MTBF (*Mean Time Between Failures*), (2)
- Fiabilidade (R), Manutenibilidade, (3)
- MTTR (*Mean Time To Repair*), (4)
- Disponibilidade (D). (5)

Os indicadores económicos da gestão da manutenção (custos) fazem referência aos:

Custo de Manutenção CMT:

$$\text{Custo M. Obra direta} + \text{Custo Materiais} + \text{Custo Subcontratação} \quad (6)$$

O peso (%) do Custo de Manutenção (CMT) no Custo da Produção (CPR) pode ser indicado pela expressão:

$$E1 = \frac{CMT}{CPR} \times 100; (\%) \quad (7)$$

O Custo da Manutenção por Unidade Produzida (UP) pode ser indicado pela expressão:

$$E2 = \frac{CMT}{N^{\circ} \text{Total Peças Produzidas } \text{€}}; \left(\frac{\text{€}}{UP} \right) \quad (8)$$

O peso (%) da Manutenção na Fabricação pode ser indicado pela expressão:

$$E3 = \frac{CMT}{(CPRX100)}; (\%) \quad (9)$$

sendo CMP Custo Matérias-Primas;

O peso (%) da Subcontratação nos Custos da Manutenção pode ser indicado pela expressão:

$$E4 = \frac{CSub}{CMT} X 100; (\%) \quad (10)$$

sendo CSub Custo da Subcontratação;

O peso (%) do Custo da Manutenção na Faturação pode ser revelado pela expressão:

$$E5 = \frac{CMT}{Faturação} X 100; (\%) \quad (11)$$

Indicadores Técnicos (T) possíveis são:

Disponibilidade Manutenção (DO)

$$DO_{MT} = \frac{T_f + T_{pPR}}{T_f + T_{MT} + T_{pPR}} X 100; (\%) \quad (12)$$

T_f – Tempo de funcionamento

T_{MT} – Tempo de manutenção

T_{pPR} – Tempo paragem da produção

Segundo (S. Ferreira et al., 2019) também indica o MTBF e o MTTR como uns dos principais indicadores de manutenção e acrescenta a eficácia global do equipamento (OEE) que mede a percentagem de efetividade do equipamento, ajuda a perceber quantas peças com qualidade desejada foram feitas comparando com a capacidade total.

$$OEE = Disponibilidade \times Desempenho \times Qualidade \quad (13)$$

$$Disponibilidade = \frac{\text{tempo em produção}}{\text{Tempo planeado para produzir}} \quad (14)$$

$$Desempenho = \frac{\text{Quantidade de produtos produzidos}}{\text{Quantidade de produzidos planeados}} \quad (15)$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{quantidade produtos produzidos com qualidade}}{\text{quantidade de produtos produzidos}} \quad (16)$$

Segundo (Burak Gunay et al., 2019), os dados gerados por sistemas de gestão de manutenção, produção e logística devem ser utilizados para suportar o desenvolvimento das melhores estratégias de manutenção. Esses dados podem e devem ser complementados por abordagens como benchmarking e técnicas de detecção e diagnóstico automatizado de falhas (AFDD), permitindo identificar padrões de desempenho e oportunidades de melhoria. Dessa forma, torna-se possível definir um conjunto consistente de indicadores-chave de desempenho, ajustados às necessidades da gestão.

Os KPI a desenvolver deve poder ser facilmente calculado utilizando os dados atualmente recolhidos pela função manutenção e pela função produção (S. Ferreira et al., 2019), e assim será fácil ter os indicadores atualizados e prontos para ajudar a tomar decisões.

3.6 Benchmarking na manutenção

Já há mais de 100 anos que (Taylor, 2004), afirmava que entre os vários métodos e modos de execução utilizados, em cada atividade de cada profissão, existe sempre um método e uma forma de execução mais rápido e melhor que qualquer dos outros]. Este conceito veio a tornar-se conhecido como “melhor maneira” ou “melhor prática”.

Assim, uma técnica, prática, método ou processo, que, utilizada para o mesmo efeito, é capaz de produzir melhores resultados, pode ser considerada uma “melhor prática” relativamente a esse objetivo e às restantes práticas.

Benchmarking (melhor prática) é o processo utilizado pelas organizações para desenvolver e implementar uma forma padronizada de execução das suas atividades capaz de produzir melhores resultados (Gulati et al., 2009). Na Manutenção e Fiabilidade o Benchmarking pode permitir a obtenção dos seguintes resultados:

- Aumentar a produção, mantendo os ativos
- Reduzir necessidades de CapEx
- Reduzir OpEx (Manutenção e Operação) e por unidade fabrico
- Reduzir o custo total por unidade fabrico
- Melhorar o desempenho - custo, produtividade e segurança
- Melhorar a competitividade e a quota de mercado

Conceitos de Benchmarking

Tipos de Benchmarking:

Segundo (Gulati & Smith, 2009) dividi benchmarking em 4 tipo :

- **Benchmarking Competitivo**
Compararmo-nos com os concorrentes
- **Benchmarking Interno**
Compararmo-nos com nós próprios
- **Benchmarking Funcional**
Comparar atividades semelhantes não concorrentes
- **Benchmarking Genérico**
Comparar processos em atividades diferentes



Figura 17 - Quadro da excelência da manutenção

A Figura 17 sintetiza os macroprocessos e recursos críticos necessários para atingir a excelência na gestão de manutenção, baseando-se num alinhamento robusto entre estratégia, recursos operacionais e integração transversal de equipas.

1. **Quadro de Bordo da Excelência na Manutenção.** Representa o nível estratégico e tático, onde são estabelecidos os objetivos globais, indicadores de performance (KPIs), metas de fiabilidade, disponibilidade e custos, bem como diretrizes para conformidade normativa e segurança.

2. **Recursos Chave da Manutenção.** Apresentados em cinco pilares que sustentam a execução prática da manutenção:
- a) **Meios Humanos (Pessoas).** Abrange não só a quantidade de pessoal, mas principalmente o desenvolvimento cultural organizacional, gestão avançada de equipas, política de competências, formação contínua, ambientes de trabalho seguros, cumprimento normativo, e acesso a ferramentas adequadas para intervenções.
 - b) **Meios Técnicos (Competências).** Inclui programas formais de capacitação técnica, desenvolvimento e gestão do conhecimento, apoio contínuo de engenharia (ex.: consultoria técnica, root cause analysis), e monitorização da performance individual/coletiva dos técnicos.
 - c) **Máquinas (Ativos Físicos).** Engloba estratégias robustas de gestão de ativos físicos, avaliação da condição usando técnicas como manutenção preditiva (CBM), integração de sensores e instrumentação (IoT, EDGE), otimização de planos de manutenção baseada em risco (RCM), análise de falhas, OEE (Overall Equipment Effectiveness) e criticidade, além do controlo integrado do ciclo de vida dos ativos.
 - d) **Meios de Informação (Sistemas e Tecnologias).** Refere-se à infraestrutura digital de suporte à decisão: sistemas CMMS/EAM, monitorização e análise de custos, eficiência na programação (incluindo shutdowns), integração de dados em tempo real, painéis de controlo (dashboards), análise avançada de desempenho, suporte à melhoria contínua via BI (Business Intelligence) e integração vertical/horizontal da informação entre áreas operacionais e estratégicas.
 - e) **Meios Materiais (Materiais e Peças).** Foca-se na gestão eficiente do inventário, logística de armazém, rastreamento de componentes críticos, procurement estratégico, controlo de consumo, garantia de disponibilidade e rastreabilidade de peças sobressalentes, dimensão adequada do stock com base em análises ABC/XYZ e serviço ao cliente interno.
3. **Sinergia dos Esforços das Equipas.** A base do modelo destaca que apenas a integração real e a cooperação multidisciplinar entre todos estes pilares permitem alavancar os resultados da manutenção, criando processos resilientes, melhorando a resiliência operacional, maximizando a disponibilidade e minimizando os custos totais de propriedade.

3.7 Síntese da revisão e fundamentação do modelo conceptual

Do processo de revisão efetuada resultam três conclusões consolidadas. Primeira, a gestão da manutenção evoluiu de função reativa para pilar da gestão de ativos, com a maturidade dos processos a determinar o desempenho operacional. Segunda, os CMMS constituem a infraestrutura habilitadora dessa evolução, do registo à decisão baseada em dados, sendo a sua seleção e parametrização criteriosas condições reconhecidas como sucesso. Terceira, a literatura converge em que a adoção da tecnologia, por si só, não garante resultados: os benefícios dependem da integração com processos, pessoas e qualidade de dados, e estendem-se, potencialmente, à dimensão da sustentabilidade (ESG e ODS), hoje reforçada por exigências regulatórias de relato. O Quadro 2 sintetiza a correspondência entre os constructos e proposições do modelo conceptual (ANEXO D) e a literatura que os fundamenta.

Quadro 2 - Síntese de constructos e proposições do modelo.

Constructo / Proposições	Fundamentação na literatura revista
Adoção e seleção do CMMS - A1, P1a-P1c	Wienker et al. (2016); Labib (2004); Durán (2011); Cardoso (2020); Barreto (2019); Oliveira (2022); Guimarães (2021)
Eficácia da gestão da manutenção - A2.1, P1b, P3	Gulati & Smith (2009); Alsayouf (2007); Fridholm (2018); Rastegari & Mobin (2016)
Capacidades digitais / I4.0-I5.0 - A2.2, P1a, P2, P3, P8	Kans & Campos (2024); Hofmann & Rüsç (2017); ul Hassan et al. (2025); Aktef et al. (2025); Zhang et al. (2023)
Sustentabilidade da manutenção / ESG-ODS - A2.3, P1c, P4-P6	Karki & Porras (2021); Karki et al. (2024); ISO 14001; Diretiva CSRD (EU, 2022); BCSD Portugal
Maturidade do sistema de manutenção - A2	Gulati & Smith (2009); SAMI (2023); Castro (2014); Pintelon & Parodi-Herz (2008)
Eficiência operacional e KPI - A3, P7, P8	NP EN 15341:2019; Ferreira et al. (2019); Burak Gunay et al. (2019); Alsayouf (2007)
Competitividade fabril e de grupo / benchmarking - A4, P9a-P10b	Castro (2014); Alsayouf (2007); SAMI (2023); Pintelon & Van Puyvelde
Camada moderadora: capacidade de absorção e	Cohen & Levinthal (1990); Zahra & George (2002); Fichman & Kemerer (1997); Burton-Jones & Grange (2013); Markus (1983); Lapointe &

Subsiste, porém, uma lacuna: a literatura estabelece que a adoção do CMMS não é suficiente, mas é menos explícita quanto ao porquê e para quem os benefícios se realizam, isto é, quanto aos mecanismos organizacionais que determinam que os mesmos dados geram valor num nível hierárquico e sobrecarga noutro. É precisamente essa lacuna que a componente empírica deste trabalho procura fechar, mediante um estudo de caso múltiplo que examina a realização diferenciada dos benefícios do CMMS por nível organizacional e por geografia, mobilizando para o efeito o constructo de capacidade de absorção.

4. METODOLOGIA E MÉTODOS

Para a realização da revisão bibliográfica foram consultadas bases de dados científicas e repositórios académicos relevantes, nomeadamente b-on, Google Académico ScienceDirect e BibliEstGV. Adicionalmente, foram analisados livros técnicos relacionados com gestão da manutenção, engenharia industrial e sustentabilidade, bem como documentos institucionais e publicações especializadas da área. Sempre que pertinente, recorreu-se ainda à recolha de contributos de profissionais com experiência comprovada na gestão de manutenção industrial, de forma a complementar a perspetiva teórica com evidências práticas. Para organização, armazenamento e gestão das referências bibliográficas foi utilizado o software Zotero, que apoiou a normalização das citações e da bibliografia final. A revisão assumiu a forma de revisão narrativa orientada ao problema - a seleção, implementação e exploração de um CMMS em contexto industrial e a sua relação com a maturidade da manutenção e a sustentabilidade e não de revisão sistemática. A pesquisa privilegiou publicações do período maximizando a disponibilidade de 2015 a 2025, complementadas por obras de referência anteriores, e recorreu a combinações de palavras-chave como "CMMS", "maintenance management", "asset management", "maintenance KPI", "Industry 4.0/5.0 maintenance", "digitalization" e "sustainable maintenance". Foram incluídas as fontes com relevância direta para o problema em estudo e excluídas as de âmbito exclusivamente teórico sem aplicação industrial, sendo a qualidade assegurada pela preferência por revistas com revisão por pares, normas técnicas e obras de referência consolidadas.

4.1 Análise e seleção de software CMMS

Com a evolução da competitividade industrial, a gestão da manutenção precisa recorrer a um sistema de informação CMMS (Computerized Maintenance Management Systems).

A escolha de um software CMMS é um processo complexo, que envolve múltiplas variáveis a definir previamente à decisão final. Em muitas empresas, essa escolha ultrapassa o nível da fábrica e passa a ser realizada ao nível do grupo empresarial. No caso de estudo, o grupo integra fábricas em vários países (Portugal, Espanha, Alemanha e África do Sul), o que implica a gestão de quatro línguas diferentes e contextos organizacionais distintos. A implementação do CMMS obrigou algumas dessas empresas

a abandonar o software anteriormente utilizado e a alterar as suas práticas de gestão da manutenção.

A sintetização de uma só forma de gerir os diferentes tipos de manutenção de fábricas, criou critérios de escolha de software.

O grupo pretende implementar uma solução simples e com elevada mobilidade, que minimize a perda de informação e permita gerir todos os ativos ao nível dos seus componentes. Adicionalmente, procura aumentar a automatização dos indicadores de desempenho, de forma a acelerar o processo de tomada de decisão, reduzir os custos de reparação e melhorar a qualidade e a durabilidade dos seus ativos.

Para (Cardoso, 2020) a seleção do melhor CMMS devem ser consideradas algumas características:

- Número previsível de utilizadores simultâneos;
- Relação custo/benefício;
- Disponibilização de relatórios;
- Possibilidade de modificar e/ou criar relatórios com diversas formas de representação gráfica;
- Possibilidade de personalização.

No sentido de otimizar a manutenção e a gestão dela, na empresa foi feito um estudo para escolher o melhor *software* de gestão de manutenção que satisfaça as necessidades, foi comparado algumas opções como SIGMA, SMIT, SAP manutenção e MANWINWIN, mas a escolha recaiu pelo MAXIMO IBM.

Todos os *softwares* de gestão de manutenção assentam numa base de dados que deve ser previamente configurada de acordo com os métodos e diretrizes da empresa. A criação da codificação dos números de ativos e a definição de localizações estruturadas em função do processo constituem a raiz da gestão da manutenção. É igualmente necessário definir planos de manutenção orientados para a redução da probabilidade de falha dos equipamentos. Esses planos devem ser cuidadosamente planeados, contemplando o número de pessoas necessárias, as quantidades de materiais e as ferramentas a utilizar.

A gestão documental, o processo de manutenção, processo de compras, controlo e gestão devem estar todos alinhados para uma boa gestão.

Existem algumas opções de softwares tal como o Sigma, como é descrito na dissertação (Barreto, 2019). Este software baseia-se nas etapas do ciclo PDCA, *PLAN* (planear) *DO* (executar), *CHECK* (verificar), *ACT* (atuar), e passando pelas quatro etapas é possível ver no planeamento a (mão-de-obra, disponibilidade, ativos, manutenção, *stocks* de peças sobressalentes, qualidade, e as ordens de trabalho). Na execução os pilares são (ordens de trabalho corretiva, preventiva, preditiva e TPM (Total Manutenção Produtiva). Na verificação, é colocado todos os processos através de gráfico e indicadores, para depois tomar ações para recomeçar o ciclo. O sistema tem como desvantagem, O SIGMA não possui uma interface direta com qualquer outro sistema (Barreto, 2019), onde seria colocado de lado uma vez que o sistema teria de fazer interface com o sistema de controlo e gestão que é da SAP.

Outro sistema CMMS é o SMIT, versão web que permite o acesso por vários dispositivos nos mais variados locais, vantagem de poder ser, com facilidade, consultado durante a intervenção, no próprio local do equipamento (P. J. P. Ferreira, 2018).

Outro programa que existe no mercado é o MANWINWIN, tem como características gerais uma aplicação modular, online, possibilidade de correr em diferentes idiomas sem sair da aplicação, e facilidade de imprimir e exportar todo o tipo de informação Segundo (Cardoso, 2020) o MANWINWIN tem como suas principais funcionalidades:

- Gestão do parque de equipamentos, fichas técnicas e documentos;
- Gestão da manutenção preventiva;
- Planeamento com alertas automáticos;
- Receber e organizar os pedidos de manutenção;
- Histórico completo da manutenção (por equipamento, por edifício, entre outros);
- Monitorização dos consumos e dos custos com eletricidade, água e gás;
- Controlo de custos com a manutenção do edifício/ edifícios;
- Análises, relatórios e indicadores de manutenção (custos de manutenção por edifício, número de avarias, ...) e KPI customizados pelo utilizador (custos por m2, entre outros);
- Acesso de aplicação para telemóvel para registos rápidos.

4.2 Procedimentos de análise e método de indicadores

4.2.1 Gestão de custos

Atualmente, a gestão de custos de manutenção é realizada de forma predominantemente manual, envolvendo diversos intervenientes com permissões para imputar despesas à rubrica de manutenção. Esta abordagem fragmentada dificulta o controlo sistemático e limita a visibilidade sobre a evolução dos custos ao longo do tempo, condicionando a análise de tendências e a identificação de desvios relevantes. Como primeira etapa de melhoria, propõe-se a centralização da informação numa folha de cálculo em Excel, permitindo consolidar os registos existentes e alcançar uma cobertura estimada de cerca de 85% dos custos de manutenção. Todavia, esta solução apresenta limitações significativas, nomeadamente o esforço acrescido necessário para manter o ficheiro atualizado, a suscetibilidade a erros de fórmula e a continuidade de lacunas de informação em determinadas classes de custo.

Com o objetivo de evidenciar a complexidade do processo atual e fundamentar a necessidade de evolução para soluções mais integradas, apresentam-se de seguida os principais fluxos associados à gestão económica da manutenção:

- Fluxos de compras



Figura 18 - Fluxo de compras

O processo de compra envolve sucessivas validações por diferentes perfis organizacionais: requisitante, diretor de departamento, responsável pela rubrica de custo, serviço de compras, controlo de gestão e diretor de fábrica cada um com responsabilidades específicas na autorização e imputação da despesa. A multiplicidade de aprovações contribui para alongar o ciclo de registo e pode gerar inconsistências caso não exista alinhamento entre as áreas.

- Fluxo de compras MAXIMO-SAP4HANA-ARIBA



Figura 19 - Fluxo de compras MAXIMO-SAP4HANA-ARIBA

A requisição é inicialmente registrada no MAXIMO, segue para o SAP4HANA, entra no circuito de aprovação em ARIBA, é novamente tratada em SAP4HANA para envio ao fornecedor, regressa a ARIBA aquando da receção e, por fim, é registrada como fatura em SAP4HANA. Este encadeamento de sistemas aumenta o número de interfaces e potencia pontos de falha ou atraso no registo

- Como funcionam os custos de peças



Figura 20 - Fluxo de custos de materiais

No caso dos materiais de stock, a reserva é efetuada no MAXIMO e o consumo é registado em SAP4HANA, sendo posteriormente refletido no quadro de custos consolidada no final de cada mês. A ausência de integração direta e em tempo real entre os movimentos de armazém e as ordens de trabalho de manutenção dificulta a rastreabilidade imediata do custo por ativo ou intervenção.

- Quadro de custos final do mês

	YEAR	FM												MTD		BUDGET	BUDGET	ytd	
	2024	Jan'25	Feb'25	Mar'25	Apr'25	May'25	Jun'25	Jul'25	Aug'25	Sep'25	Oct'25	Nov'25	Dec'24	ACTUAL Sep'25	BUD Sep'25	BUDGET Sep'25	BUDGET Sep'25 Official		ACTUAL
Maintenance (Spare Parts and Services)																			
Maintenance Spare Parts, Tools & Mat																			
Mechanical Spare Parts																			
Electronic Spare Parts																			
Electrical Spare Parts																			
Others Spare Parts																			
Tools & Materials																			
Tools (life < 1y)																			
Maintenance Services																			
Maint. Services - Machinery																			
Maint. Services - Buildings & Facilities																			
Maint. Services - Vehicles																			
Maint. Services - Services others																			
Cleaning																			
Indirect Manuf. Costs (lc/m3)																			
Indirect Manufacturing Costs																			
Consumables																			
Additives																			
Lubricants&Greases																			
Cutting Tools																			
Sanding Belts																			
Other Consumables																			
Other Indirect Manufacturing Costs																			
Water																			
H&S Material																			
Laboratory Material																			
Combustibles Handling Equip																			
Chemicals for Maintenance																			
Others Indirect Manuf																			
TOTAL MAINTENANCE + IMC (OPEX)																			
(lc / m3)																			
of which Annual Shutdown																			
F/Available Prod - mdf Raw (m3)																			
F- Avail. Production - Raw Boards (km3)																			
														0					

Figura 21 - Mapa resumo dos custos mensais

4.2.2 Gestão de mão-de-obra externa

A contratação de serviços externos constitui uma das principais componentes de custo nos departamentos de manutenção, seja para intervenções especializadas, seja para reforço de capacidade em períodos de maior carga. Contudo, a monitorização das horas efetivamente trabalhadas e das horas imputadas às ordens de trabalho é frequentemente insuficiente ou desarticulada. A escassez de recursos dedicados ao controlo destas atividades, associada à necessidade de remunerar as empresas prestadoras de serviços, contribui para que o acompanhamento operacional e financeiro não seja efetuado com o rigor desejável.

A implementação de um sistema robusto de registo e controlo de horas, integrado com as ordens de trabalho e com os centros de custo, é fundamental para a otimização dos dispêndios com mão-de-obra externa e para a obtenção de dados fiáveis que suportem decisões de natureza estratégica. Em contextos com elevado volume de serviços subcontratados, esta necessidade torna-se ainda mais crítica, dado que falhas ou inconsistências nos registos de tempo podem originar desvios orçamentais significativos.

A disponibilização de informação detalhada por ordem de trabalho, ativo e fornecedor permite determinar o custo real das intervenções e o tempo efetivo de execução, constituindo a base para análises de desempenho, avaliação da eficácia das ações de manutenção e determinação do ciclo de vida económico dos ativos.

Com base nesses dados, podem ser desenvolvidos modelos de apoio à decisão que permitam, por exemplo, identificar o momento ótimo para substituição de um ativo, planejar a periodicidade das intervenções ou definir janelas de manutenção alinhadas com as paragens planeadas. Em situações em que um equipamento apresenta um MTBF de aproximadamente 18 meses, associado a tempos de reparação elevados, mas custos materiais relativamente reduzidos, pode ser estrategicamente vantajoso programar a intervenção durante a paragem anual, minimizando o impacto da indisponibilidade na capacidade produtiva.

4.2.3 Gestão de ativos rotáveis

Antes da intervenção metodológica, a gestão de ativos rotáveis era praticamente inexistente, ficando limitada ao registo pontual de alguns motores enviados para reparação externa. Com a implementação do novo software de gestão da manutenção, passou a existir uma funcionalidade específica para o controlo e a rastreabilidade destes

componentes, permitindo acompanhar o seu ciclo de utilização, reparação e retorno ao serviço. Para garantir a eficácia do sistema, foi desenhado e formalizado o fluxo operacional associado aos rotáveis e solicitadas à empresa fornecedora as customizações necessárias, de modo a assegurar o alinhamento entre a ferramenta, os procedimentos internos e os requisitos de gestão definidos pela organização.

4.2.4 Indicadores das reuniões de manutenção e fiabilidade

Para assegurar uma monitorização consistente da performance operacional e avaliar a evolução da maturidade dos processos de manutenção, torna-se imprescindível estabelecer um sistema de indicadores suportado por princípios de (KPI Governance). Tal sistema deve garantir: definição clara de cada indicador (objetivo, fórmula, unidade, fonte de dados), consistência na recolha e tratamento da informação, fiabilidade das fontes e uma periodicidade de análise coerente com o ciclo de decisão.

Embora exista atualmente um painel de indicadores utilizado nas reuniões diárias (Daily Management System), as limitações de disponibilidade, qualidade e integridade dos dados dificultam a aplicação rigorosa do ciclo PDCA (Plan–Do–Check–Act). Esta situação compromete a análise crítica longitudinal e, por consequência, a implementação eficaz de ações corretivas e preventivas. Propõe-se, por isso, a reengenharia do modelo de medição de desempenho, estruturada em duas classes principais de indicadores: KPIs estruturais (core) e KPIs dinâmicos.

4.2.4.1 KPIs estruturais (core)

Os KPIs estruturais são indicadores permanentes, diretamente associados aos objetivos estratégicos do departamento de manutenção e à fiabilidade dos ativos. Incluem, entre outros, indicadores de segurança, fiabilidade, disponibilidade, manutenibilidade e suporte logístico (RAMS), tais como MTTR, MTBF, backlog de manutenção, taxa de cumprimento do plano, níveis de serviço (SLA) e acordos de nível operacional (OLA). Estes indicadores constituem a base de monitorização contínua e servem como referência para auditorias internas e externas, incluindo sistemas de gestão certificados de acordo com normas como a ISO 9001 e a ISO 55000.

4.2.4.2 KPIs dinâmicos

Os KPIs dinâmicos correspondem a indicadores de foco temporário, selecionados em função de desvios identificados, riscos operacionais emergentes ou prioridades

específicas de melhoria contínua. São ativados e acompanhados, tipicamente, no âmbito de ciclos estruturados de resolução de problemas, como PDCA ou A3 Problem Solving, permitindo concentrar esforços analíticos e recursos de melhoria em áreas críticas até que o desempenho atinja níveis considerados estáveis e sustentáveis. Uma vez estabilizada a tendência (com variação dentro de limites de controlo e ausência de causas especiais), o indicador pode ser substituído por outros KPIs que se revelem mais pertinentes no diagnóstico contínuo. Este mecanismo garante uma abordagem dinâmica e orientada a dados, ajustada ao grau de maturidade dos processos e do sistema de gestão.

4.2.4.3 Indicadores de sustentabilidade na manutenção

Os indicadores de sustentabilidade na manutenção foram organizados em várias dimensões, de forma a capturar não apenas o desempenho operacional, mas também os impactos ambientais, energéticos, de circularidade, de eficiência de recursos e de conformidade regulatória. Entre os principais grupos de indicadores definidos destacam-se:

- Indicadores ambientais: emissões de CO₂ por intervenção, emissões evitadas pela extensão da vida útil dos ativos, redução de fugas de fluidos contaminantes, taxa de reciclabilidade de componentes substituídos, geração de resíduos perigosos por intervenção e percentagem de peças recondicionadas face a peças novas.
- Indicadores de consumo de recursos: consumo energético por intervenção de manutenção, redução de consumo energético após intervenções de melhoria, consumo de água em operações de manutenção e ganhos associados à implementação de boas práticas.
- Indicadores de economia circular e extensão de vida útil: taxa de extensão da vida útil dos ativos decorrente da manutenção preventiva, percentagem de rotáveis reintroduzidos em serviço e índice de reparação (rácio entre peças reparadas e substituídas).
- Indicadores operacionais com impacto na sustentabilidade: MTBF associado a falhas com impacto ambiental, incorporação da dimensão energética na análise de OEE, e redução de intervenções corretivas não planeadas com impacto em deslocações e consumo energético.

- Indicadores de mobilidade e logística de manutenção: consumo de combustível associado às deslocações das equipas, percentagem de deslocações evitadas por recurso a manutenção remota ou IoT e relação entre tempo médio de resposta e distância percorrida.
- Indicadores de conformidade ambiental e risco: número de não conformidades ambientais detetadas em inspeções, tempo de mitigação de incidentes ambientais e percentagem de equipamentos críticos com planos de manutenção ambiental específicos.
- Indicadores de sustentabilidade económica: custos evitados por recuperação de componentes, redução do custo do ciclo de vida (LCC) após intervenções sustentáveis e custo do desperdício associado a falhas prematuras.

Adicionalmente, foram definidos indicadores de maturidade em sustentabilidade na manutenção, com o objetivo de avaliar a evolução do sistema face a referenciais como ISO 14001, ISO 55000 e critérios ESG. Exemplos incluem: índice de maturidade de manutenção sustentável, percentagem de processos de manutenção alinhados com princípios de economia circular, número de projetos Kaizen/PDCA orientados para sustentabilidade e percentagem de ativos monitorizados por sensores com foco na otimização energética.

4.3 Estudo caso múltiplo de natureza qualitativa sobre implementação de um CMMS

4.3.1 Posicionamento e estratégia de investigação

A estrita adoção de um CMMS não é, por si só, suficiente para assegurar ganhos de eficiência na gestão de ativos. Esses ganhos apenas se materializam quando o sistema é concebido e parametrizado de acordo com as necessidades específicas da organização. Neste contexto, a presente investigação adota uma estratégia de estudo de caso múltiplo, de natureza qualitativa (Yin, 2018). O objetivo é compreender não apenas “se”, mas sobretudo “porquê” e “para quem” a adoção do sistema se traduz, ou não, em eficácia, eficiência operacional e sustentabilidade. A abordagem é simultaneamente exploratória e explicativa e assume um raciocínio abductivo: parte de um modelo conceptual a priori, confronta-o com os dados e refina-o à luz dos padrões emergentes.

O caso é o grupo industrial Sonae Arauco Mangualde que opera no setor dos painéis derivados de madeira (MDF, OSB, aglomerado e melamina), com unidades fabris em Portugal, e Alemanha, e que adotou de forma faseada o CMMS IBM MAXIMO, integrado com o ERP corporativo. A unidade de análise é a função manutenção do grupo; as unidades de observação são os profissionais entrevistados, distribuídos por diferentes níveis hierárquicos (gestão intermédia e nível operacional) e geografias.

4.3.2 Desenho do estudo e modelo conceptual

O estudo assenta num desenho deliberadamente assimétrico: cobertura profunda em Portugal, através de entrevistas semiestruturadas, e cobertura condensada na Alemanha através de questionário estruturado autoadministrado. Esta opção equilibra a profundidade interpretativa com a comparabilidade internacional, assumindo-se a menor densidade textual dos casos internacionais como característica conhecida do instrumento e não como deficiência de recolha.

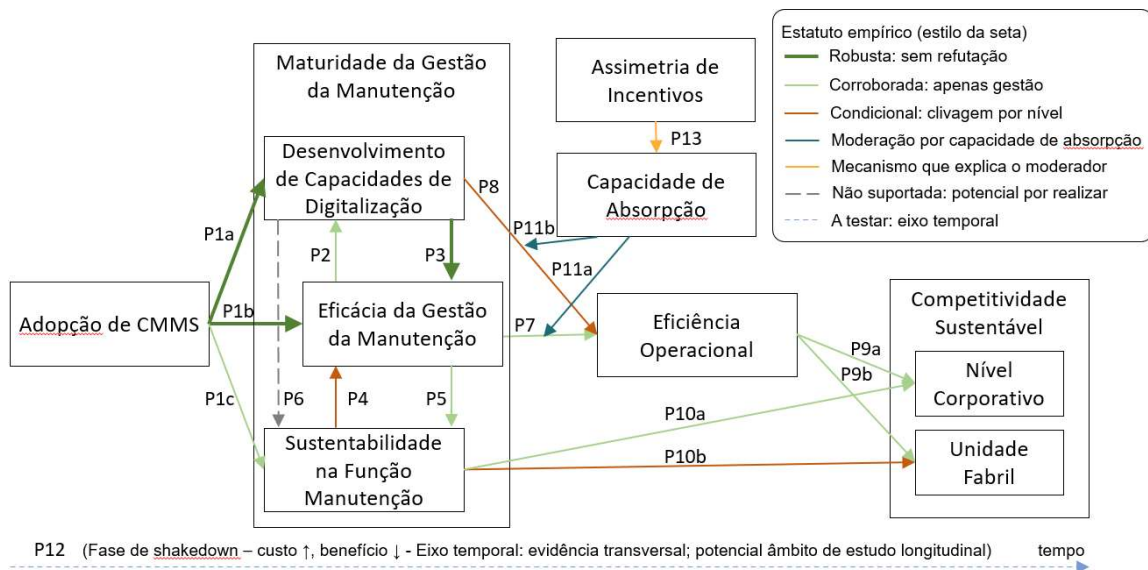


Figura 22 - Modelo conceptual: cadeia de proposições P1–P10 e camada de capacidade de absorção (P11-P13).

O modelo conceptual original articula catorze proposições (P1a a P10b), representadas na Figura 22 e enunciadas no Quadro 3, que encadeiam a adoção do CMMS com a digitalização, a eficácia da gestão da manutenção, a sustentabilidade, a eficiência operacional e, por fim, a competitividade sustentável ao nível fabril e de grupo. Da análise emergiu uma camada explicativa adicional – a capacidade de absorção (Cohen & Levinthal, 1990; Zahra & George, 2002) – formalizada em três proposições complementares (P11, moderação por nível; P12, moderação temporal; P13, mecanismo

de assimetria de incentivos) que não substituem as originais. Por se tratar de um construto emergente, a capacidade de absorção foi aplicada retrospectivamente ao corpus e esta opção é assumida como força do desenho abductivo e não como hipótese testada a priori

Quadro 3 - Proposições do modelo conceptual

Código	Enunciado
P1a	A adoção do CMMS contribui para o desenvolvimento das capacidades digitais da função manutenção.
P1b	A adoção do CMMS contribui para a eficácia da gestão da manutenção.
P1c	A adoção do CMMS contribui para a sustentabilidade da manutenção.
P2	A eficácia da gestão da manutenção favorece o desenvolvimento das capacidades digitais.
P3	O desenvolvimento das capacidades digitais contribui para a eficácia da gestão da manutenção.
P4	As práticas de sustentabilidade na manutenção contribuem para a eficácia da gestão da manutenção.
P5	A eficácia da gestão da manutenção contribui para os resultados de sustentabilidade da manutenção.
P6	O desenvolvimento das capacidades digitais contribui para a sustentabilidade da manutenção.
P7	A eficácia da gestão da manutenção contribui para a eficiência operacional.
P8	As capacidades digitais contribuem para a eficiência operacional.
P9a	A eficiência operacional contribui para a competitividade sustentável ao nível fabril.
P9b	A eficiência operacional contribui para a competitividade sustentável ao nível do grupo.
P10a	A sustentabilidade na manutenção contribui para a competitividade sustentável (reputação) ao nível fabril.
P10b	A sustentabilidade na manutenção contribui para a competitividade sustentável (reputação) ao nível do grupo.

- P11 O efeito das capacidades digitais sobre a eficiência operacional é moderado pela capacidade de absorção realizada do nível organizacional que opera o sistema.
- P12 A realização dos benefícios do CMMS é não-linear no tempo: na fase inicial (*shakedown*) os custos são salientes e os benefícios percebidos baixos, tornando-se estes significativos com a maturação da implementação e da capacidade de absorção.
- P13 O atraso da capacidade de absorção realizada no nível operacional é sustentado por uma assimetria entre quem suporta o custo do registo (operação) e quem capta o benefício analítico (gestão).

Nota: P1a–P10b constituem o modelo conceptual definido a priori; P11–P13 formalizam a camada explicativa que emergiu da análise, nos termos descritos acima.

4.3.3 Instrumentos de recolha

Foram concebidos guiões diferenciados por nível hierárquico e geografia. O guião de entrevista (Portugal) organiza-se em blocos temáticos alinhados com os construtos do modelo: o CMMS no quotidiano, planeamento e eficácia, digitalização, sustentabilidade, barreiras e eficiência, e síntese. O questionário (Alemanha) combina cinco partes: caracterização do respondente; autoavaliação da maturidade da manutenção (escala 1-4); concordância com as proposições do modelo (escala de Likert 1-5); respostas abertas; e ordenação de prioridades. Esta estrutura mista permite triangulação entre o relato textual, a autoavaliação de maturidade e a posição declarada nas escalas.

A amostra final é composta por oito participantes: seis em Portugal (dois de gestão intermédia – Coordenação da Fiabilidade e Planeamento; quatro do nível operacional – técnicos de manutenção mecânica, eléctrica e de instrumentação) e dois na Alemanha (um Maintenance Engineer de gestão intermédia e um Craftsman do nível operacional). A amostra cobre os dois níveis hierárquicos centrais em dois contextos nacionais, permitindo a validação cruzada das partições por país e por nível.

4.3.4 Procedimento de análise: codificação temática com camada de valência

A análise foi conduzida em NVivo, mediante codificação temática excerto a excerto. O sistema de códigos organiza-se em quatro famílias: (A) construtos do modelo; (B) proposições (P1a–P13); (C) temas emergentes (barreiras tecnológicas, de competências, culturais, de recursos; contexto local; relação sede–local; boas práticas;

qualidade de dados); e (D) uma camada de valência aplicada exclusivamente às proposições – Confirma (V1), Refuta (V2) e Ambígua/Mista (V3).

A codificação obedeceu a regras explícitas, registadas num registo de auditoria: cada excerto recebe uma só proposição e uma só valência; quando uma resposta cobre duas proposições ou contém valências opostas, é dividida em cláusulas distintas; os construtos e os temas emergentes não recebem valência. Foi observado, em permanência, o invariante de controlo segundo o qual, para cada proposição, a soma das valências (V1+V2+V3) iguala o número de referências do nó.

Cada entrevistado foi representado como um caso, classificado por atributos (País, Nível hierárquico, Função). A análise comparada produziu-se através de matrizes Proposição × Valência, calculadas globalmente e por subgrupo (país e nível), delimitadas por conjuntos de casos definidos sobre os atributos de classificação.

4.3.5 Tratamento de instrumentos mistos

Para preservar a comparabilidade entre entrevistas e questionários, as componentes de escala dos questionários (maturidade, Likert e ordenação) foram registadas como atributos/dados do caso – servindo a triangulação – e não integram a matriz de valência; apenas o texto aberto é codificado com proposição e valência, garantindo que a valência provém sempre da mesma fonte em todos os casos. As divergências entre texto e escala são tratadas como dado substantivo a interpretar, e não como inconsistência a corrigir.

4.3.6 Inquérito aos utilizadores

Em complemento, foi aplicado um inquérito por questionário (Anexo C) a quinze colaboradores utilizadores do IBM MAXIMO na unidade de Mangualde, abrangendo diferentes funções e níveis de experiência. O instrumento avaliou, numa escala de Likert de cinco pontos, dimensões como a facilidade de utilização, a utilidade percebida para o planeamento e controlo da manutenção, a qualidade da informação disponibilizada e a satisfação global com o sistema. As respostas foram tratadas através de estatística descritiva (médias por dimensão), servindo de fonte quantitativa complementar para a triangulação com os registos do sistema e com a evidência do estudo de caso qualitativo.

4.3.7 Qualidade, rigor e limitações do método

O rigor foi sustentado pela transcrição e codificação literal, pelo invariante de controlo das valências, pelo registo de auditoria, e pela validação cruzada das duas

partições – verificou-se que, para todas as proposições, a soma por país coincide com a soma por nível. Reconhecem-se limitações que enquadram o alcance das conclusões: a dimensão reduzida e desequilibrada da amostra (gestão n=3; terreno n=5); a natureza transversal e retrospectiva dos dados; o desenho assimétrico; e um potencial confundidor no contraste alemão (a diferença de formação académica pode sobrepor-se à de nível). Os padrões devem ser lidos como regularidades fortes e fundamentadas, não como generalizações estatísticas.

5. APLICAÇÃO PRÁTICA

5.1 Análise e seleção de software CMMS

Quadro 4 - Análise e seleção de software CMMS

Características	PONDERAÇÃO	SIGMA	SIGMA TOTAL	SMID	SMID TOTAL	MANWINWIN	MANWINWIN TOTAL	SAP PM	SAP PM TOTAL	MAXIMO IBM	MAXIMO TOTAL
Funcionalidade	8%	6	0,5	5	0,4	7	0,56	9	0,7	9	0,7
Facilidade de utilização	8%	5	0,4	6	0,5	8	0,64	7	0,6	7	0,6
Personalização	7%	5	0,4	3	0,2	5	0,35	8	0,6	9	0,6
Custo	17%	10	1,7	10	1,7	10	1,7	10	1,7	10	1,7
Possibilidade de integração a montante e jusante	14%	2	0,3	1	0,1	3	0,42	8	1,1	8	1,1
Gestão ao componente	4%	2	0,1	0	0	8	0,32	10	0,4	10	0,4
Planeamento automatizado	4%	8	0,3	7	0,3	8	0,32	10	0,4	10	0,4
Histórico	5%	5	0,3	5	0,3	8	0,4	9	0,5	9	0,5
Capacidade de memória	7%	6	0,4	5	0,4	6	0,42	9	0,6	9	0,6
Indicadores/relatórios	13%	7	0,9	7	0,9	8	1,04	8	1	8	1
Assistência pós-venda	8%	6	0,5	5	0,4	9	0,72	9	0,7	9	0,7
Mobilidade	5%	0	0	2	0,1	4	0,2	7	0,4	8	0,4
Total	100%		5,7		5,2		7,09		8,7		8,8

O Quadro 4 apresenta uma análise comparativa entre diferentes sistemas de gestão/manutenção (SIGMA, SMID, ManWinWin, SAP PM e Maximo IBM), realizada com base numa matriz de decisão ponderada. Este método permite avaliar de forma estruturada o desempenho de cada sistema face a um conjunto de critérios considerados relevantes para o contexto industrial em estudo.

Os critérios de avaliação incluem, entre outros, funcionalidade, facilidade de utilização, personalização, custo, capacidade de integração a montante e jusante, gestão ao nível do componente, planeamento automatizado, histórico, capacidade de memória, indicadores e relatórios, assistência, pós-venda e mobilidade. A cada critério foi atribuída

uma ponderação percentual, refletindo a sua importância relativa na decisão final, sendo a soma das ponderações igual a 100%.

Cada sistema foi classificado numa escala de 0 a 10 para cada critério. O valor ponderado resultou do produto entre a classificação atribuída e a respetiva ponderação, permitindo obter um contributo quantitativo de cada critério para o resultado global do sistema. A soma dos valores ponderados originou a pontuação final de cada solução analisada.

Os resultados globais evidenciam diferenças significativas entre os sistemas. O MAXIMO IBM obteve a pontuação mais elevada (8,8), seguido do SAP PM (8,7), demonstrando um desempenho superior, particularmente em critérios como funcionalidade, integração, planeamento automatizado, mobilidade e capacidade de reporting. O ManWinWin apresentou um desempenho intermédio, com uma pontuação global de 7,09, revelando adequação para contextos industriais de média complexidade. Os sistemas SIGMA (5,7) e SMID (5,2) registaram as pontuações mais baixas, evidenciando limitações sobretudo ao nível da integração, mobilidade e funcionalidades avançadas.

Com base nesta análise, conclui-se que as soluções MAXIMO IBM e SAP PM são as mais robustas e alinhadas com os requisitos definidos para o contexto industrial analisado, sendo, por isso, as opções tecnicamente mais adequadas para suportar uma gestão integrada e eficiente dos processos de manutenção.

Após estudar o preenchimento das características pretendidas para o software a escolha ficou repartida entre o SAP E O MAXIMO IBM, no qual o primeiro é possível estar integrado com outros módulos do Enterprise Resource Planning (ERP). Essa integração agiliza os processos, e fornece informações credíveis. O processo de ordens de trabalho, apresenta um inconveniente, são os técnicos que dão a informação e pode estar errada ou incompleta sobre as falhas e localizações e como o sistema trabalha em automático pode criar um indicador errado (Carvalho et al., 2020).

Na escolha do software a equipa interna de informática foi preponderante na sua escolha, uma vez que toda a sua manutenção e integrações com outros aplicativos passam pela alçada deles, e para isso foi criado uma tabela com características desejadas e sua respetiva pontuação:

Quadro 5 - Pontos positivos e negativos do MAXIMO e SAP

IBM MAXIMO		SAP PM	
<i>Mobilidade</i>		<i>Mobilidade</i>	
+	A mobilidade é nativa	-	Outra APP no topo do SAP PM - mais complexidade/ integrações necessárias
+	Mobilidade offline		
+	Utilização de códigos de barras / Conversa com texto / Tirar fotografias e adicioná-las / Gravar vídeos		
<i>módulo de planeamento</i>		<i>módulo de planeamento</i>	
+	Planeador de manutenção: Mais rápido e fácil de trabalhar	-	Planeador de manutenção: Teria de ser implementado.
+	O planeador é uma funcionalidade nativa da MAXIMO, sem necessidade de desenvolver ou implementar aplicações, interfaces ou camadas adicionais	-	Não está disponível nenhuma funcionalidade nativa do SAP Scheduler. É necessário desenvolver ou implementar aplicações, interfaces ou camadas adicionais
-	A programação das ordens de trabalho não é uma ferramenta poderosa, apenas básica	-	A programação das ordens de trabalho é muito básica
<i>Genéricos</i>		<i>Genéricos</i>	
+	Integração de saídas Scada e outros softwares no sistema	+	Comunicação nativa entre SAP ERP e SAP PM
+	Possibilidade de uma gestão visual do WO na fábrica	+	Provavelmente mais barato
+	Possibilidade de carregamento de PDF, Imagens, Som para texto nas OT's e relatórios	+	Apenas um sistema de gestão
+	Integração das autorizações de trabalho no software MAXIMO	+	Integração completa e sem falhas com outras áreas (Financeira, Gestão de Materiais, Compras)
+	Operação sem papel	+	Pedidos de serviço: São geridos dentro das OT's
+	Atualização do sistema sem restrições e de forma simples	+	Os relatórios de controlo de custos são fáceis e eficazes
+	Uma ferramenta mais flexível (alterações nos equipamentos e estratégias de manutenção são implementadas de forma rápida e fácil)	+	O acompanhamento das ordens de trabalho relacionadas com peças sobresselentes e carga de trabalho é fácil e eficaz
+	Não é necessária ajuda externa para alterar planos/rotinas, possibilidade de actualização da carga em massa	+	As licenças SAP PM estão incluídas no contrato de licenciamento existente com a SONAE ARAUCO, sem custos adicionais
+	Tabela de degradação do equipamento: Ferramenta positiva	-	As interfaces de utilizador nativas do SAP PM requerem a implementação de camadas de software adicionais para obter as funcionalidades de fácil utilização necessárias
+	As interfaces de utilizador nativas do MAXIMO são suficientemente fáceis de utilizar e não devem exigir muita adaptação	-	A anexação de documentos/imagens é possível, mas é limitada
+	A gestão documental faz parte da solução	-	É possível anexar ficheiros, mas de uma forma básica.
+	Melhor informação de armazenamento	-	O SAP PM exige custos adicionais para desenvolver e implementar camadas de integração para mobilidade e personalização gráfica das interfaces de utilizador necessárias
+	Pedidos de serviço: São geridos no âmbito das OT's	-	A SAP não tem equipas de implementação próprias. São sempre necessárias interfaces organizacionais adicionais para a implementação
+	O MAXIMO tem equipas de implementação próprias da IBM. Menos interações organizacionais necessárias para as implementações	-	A equipa de implementação do consuntor SAP PM tem de ser encontrada e seleccionada antes de começar a trabalhar na sua compreensão do conceito a implementar. Deve ser considerado um tempo extra para a aquisição, contratação e compreensão do conceito (de 3 a 6 meses antes do início da implementação)
+	A equipa MAXIMO já compreendeu e implementou o conceito. É possível iniciar a implantação e o lançamento sem mais atrasos	-	Necessidade de um pacote de melhoramento no topo do SAP (por exemplo, Prometheus) para obter a mesma funcionalidade que o Maximo
+	Boa recepção por parte dos utilizadores finais	-	Locais: Interactivo, Versátil, Visual Não é rápido, não é intuitivo;
+ / -	É possível anexar documentos/fotos, mas apenas ficheiros de pequena dimensão	-	Tabela de degradação do equipamento: Não existe no SAP, mas poderia ser desenvolvida.
+ / -	Atualização dinâmica dos itinerários/planos e equipamentos rotativos	-	Tanto quanto sabemos, o SAP é uma ferramenta inflexível/rígida - Não é fácil alterar ou actualizar as necessidades dos clientes
+ / -	Locais: Interactivo, versátil, visual Não traz nada de novo.		
-	Migração de toda a informação do SAP PM, possível perda de informação		
-	Seria necessária formação para toda a equipa de manutenção		
-	As licenças MAXIMO devem ser avaliadas no contrato. Aplicam-se custos adicionais		
-	Necessidade de integrações entre o MAXIMO e o SAP: Esta integração está relacionada com: - Módulo de compras; - Controlo de custos e relatórios; - Gestão de peças sobresselentes em armazém		
<i>KPI's</i>		<i>KPI's</i>	
+	Centros de trabalho iniciais personalizados, para cada tipo de utilizador	-	Definição de KPI para avaliação do estado do equipamento, Não implementado
+	Dashboard KPI's Gestão Visual		
+	Definição de KPI's para avaliação do estado do Equipamento		
+ / -	A personalização de relatórios é fácil mas precisa de ser melhorada		

No Quadro 5 é apresentado o balanço comparativo realizado entre as soluções da IBM e da SAP, no qual são identificados os principais aspetos positivos e negativos de cada plataforma. Este balanço constituiu um elemento fundamental no processo de apoio à decisão relativamente à seleção da solução mais adequada para o grupo.

Entre os tópicos analisados, destaca-se a mobilidade, área em que a solução da IBM MAXIMO apresenta uma vantagem significativa, uma vez que dispõe de uma

aplicação nativa que permite o funcionamento em modo offline, ao contrário da solução SAP, que apresenta maiores limitações neste contexto. Esta funcionalidade revela-se particularmente relevante em ambientes operacionais com acesso limitado ou intermitente à rede.

No que respeita ao planeamento, verificou-se que, no SAP, esta funcionalidade é disponibilizada através de um módulo independente, implicando um custo adicional para a sua implementação. Em contraste, no IBM MAXIMO, as funcionalidades de planeamento encontram-se integradas na solução base, o que representa uma vantagem do ponto de vista económico e funcional.

Relativamente aos módulos genéricos e funcionalidades complementares, o SAP disponibiliza, para além da aplicação base de manutenção, diversos módulos adicionais que permitem expandir as capacidades do sistema. No entanto, a adoção destes módulos implica um acréscimo significativo de custos e apresenta limitações ao nível da personalização. Por sua vez, o IBM MAXIMO integra nativamente várias destas funcionalidades, oferecendo simultaneamente uma maior flexibilidade de customização e adaptação do software às necessidades específicas da organização.

De forma global, a análise evidencia que, embora ambas as soluções apresentem robustez e maturidade tecnológica, o IBM MAXIMO demonstra uma maior adequação às necessidades do grupo, sobretudo em termos de mobilidade, integração funcional e flexibilidade, fatores que tiveram um peso determinante na decisão final.

Quadro 6 - Classificação SAP vs MAXIMO

Características	Maximo	SAP	Risk	Notas
Arquitetura do sistema	1	0		Maximo: Feito por engenheiros para engenheiros. SAP: Manutenção para finanças.
Flexibilidade	1	0		Mapeamento de processos muito mais fácil no Maximo.
Relatórios operacionais	1	0		Funcionalidades de relatório e consulta ad-hoc no Maximo.
Relatórios de gestão	0	1		Integração possível através do SAP BW
Usabilidade	1	1	Fraca usabilidade do SAP a ser mitigada com a adopção (desenvolvimento) de Outsystems	Ecrãs facilmente configuráveis. Boa ferramenta móvel no Maximo.
Preditivo	1	1		
Gestão do desempenho dos activos	1	1		
Custos	0	1		
Rede de fornecedores	0	1		Rede de Inteligência de Activos SAP
Integração	0	1	A adopção do Maximo implica um elevado número de interfaces a gerir: risco de incoerências entre o Maximo e o SAP. Esforço de desenvolvimento em fase piloto para a equipa interna	SAP naturalmente integrado com outros módulos SAP
Acceptação do utilizador	1	0	Nenhum compromisso da equipa comercial se a mobilidade e a flexibilidade não forem garantidas pela SAP	O Maximo é mais bem aceite pela equipa de projecto e pelas fábricas, com excepção da Meppen
Gestão de projectos	1	0		É um módulo adicional no SAP
Programação	1	0	Limita o planeamento no SAP	Licenciado por utilizador no Maximo. Licenciado por capacidade no SAP
Consultores	1	1	Maior compromisso da IBM	
Nuvem	1	0		SaaS para Maximo
Roteiro	1	0		
Instruções de manutenção	1	1		
Segurança	1	1		
Cumprimento das normas de manutenção	1	1		
Know How interno	0	1		
Total Score	15	12		

O Quadro 6 apresenta uma comparação característica versus classificação entre os dois softwares, avaliando cada característica de forma binária (1 ou 0) – uma análise objetiva, ainda que simplificada, das capacidades de cada solução. O IBM MAXIMO evidencia vantagens sobretudo na arquitetura do sistema, na flexibilidade estrutural e de personalização e na usabilidade em ambiente móvel – fatores relevantes em contextos que exigem adaptação a processos específicos e operações em campo –, a que acresce o maior envolvimento dos consultores da IBM, potencialmente favorável a uma implementação alinhada com os requisitos da organização. O SAP, por seu lado, revela pontos fortes associados à capacidade interna: o elevado conhecimento de programação da equipa de informática e a facilidade de integração com os módulos de gestão já existentes no grupo, o que pode reduzir dependências externas e custos de integração, além da qualidade superior dos seus relatórios no apoio à decisão. Em síntese, enquanto o IBM MAXIMO se destaca pela flexibilidade, usabilidade e suporte especializado, o SAP oferece maior robustez em integração organizacional e capacidades analíticas; a escolha deve, por isso, ponderar não só a pontuação da matriz, mas também o alinhamento estratégico, a maturidade da equipa interna e os requisitos específicos de gestão de ativos e informação.

5.2 Implementação CMMS (MAXIMO IBM)

A implementação do CMMS IBM MAXIMO foi concebida como um projeto de transformação da gestão de ativos, estruturado em fases e ancorado nos princípios de asset management e de engenharia de manutenção. A fase inicial definiu formalmente os objetivos de negócio do sistema: reforçar o acompanhamento técnico-económico das intervenções, padronizar os processos de manutenção, integrá-lo com os sistemas corporativos existentes (ERP, compras e contabilidade) e fortalecer os mecanismos de controlo e gestão através de indicadores fiáveis. Em paralelo, constituiu-se uma equipa de projeto multidisciplinar – manutenção, operações, logística, sistemas de informação e controlo de gestão –, com responsabilidades claramente distribuídas em matéria de gestão da mudança e configuração funcional do MAXIMO.

Construção da hierarquia de ativos

A definição da hierarquia de ativos constituiu um passo crítico da implementação, uma vez que esta estrutura suporta o registo de eventos de manutenção, a imputação de custos e a análise de desempenho ao longo do ciclo de vida dos equipamentos. A hierarquia foi concebida segundo uma asset breakdown structure em seis níveis sucessivos, ilustrada na Figura 23: Planta (Plant), Estação/Unidade industrial (STA), Área, Sistema, Função e Posição Funcional. Cada nível acrescenta granularidade e permite localizar de forma unívoca o ativo físico no contexto fabril.

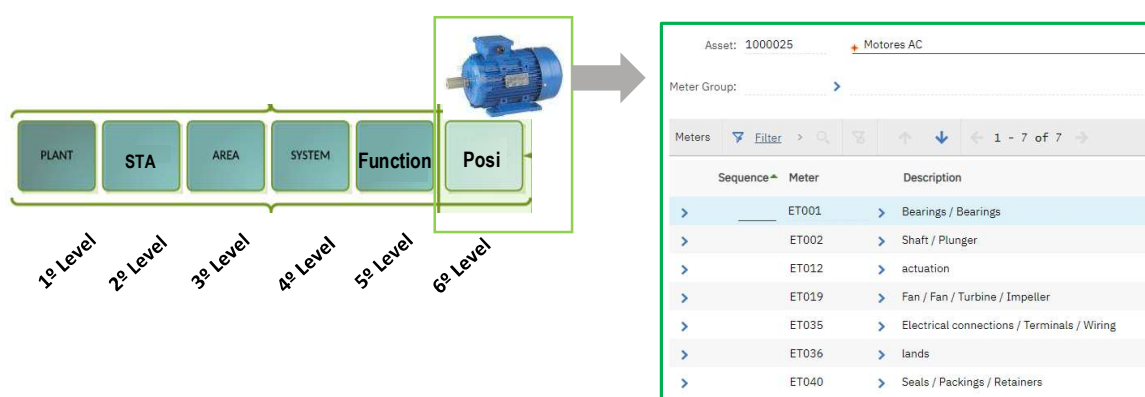


Figura 23 - Modelo da hierarquia da Fábrica

Levantamento e preparação dos dados

Numa fase preliminar, procedeu-se ao levantamento exaustivo das fontes de informação existentes – plantas de layout, listas de equipamentos, registos do SAP e fichas técnicas de motores e outros componentes. Estes dados foram consolidados num único ficheiro Excel, registando-se para cada equipamento, no mínimo, a designação, a

localização física, o número SAP (quando aplicável), a potência/capacidade, a criticidade e o responsável operacional. Esta consolidação permitiu eliminar duplicados, corrigir designações incoerentes e identificar lacunas de informação, colmatadas antes do carregamento no CMMS.

Definição de regras de codificação e níveis

Foram depois estabelecidas regras de codificação técnica por nível hierárquico: a planta e as estações (1.º e 2.º níveis) adotaram códigos alinhados com a nomenclatura corporativa da Sonae Arauco; as áreas e sistemas (3.º e 4.º níveis), códigos que refletem o processo produtivo (por exemplo, preparação, prensagem, lixagem, expedição); e as unidades e posições funcionais (5.º e 6.º níveis) passaram a representar funções específicas de cada sistema (por exemplo, ventilador de extração, bomba de óleo, motor de transporte), permitindo associar a cada posição um ou mais ativos ao longo do tempo. Em termos de dados mestres, a *asset breakdown structure* (ABS) e a *location breakdown structure* (LBS) resultantes materializam-se numa topologia hierárquica sequencial com os seguintes níveis:

- Nível 1: Fábrica
- Nível 2: Área
- Nível 3: Sistema
- Nível 4: Unidade Funcional
- Nível 5: Posição Funcional

A estes foram associados ativos físicos com atributos normalizados — tipo de equipamento, código técnico, localização, criticidade, fabricante, modelo, número de série, listas de materiais, classificação ABC e documentação técnica. Esta modelação hierarquizada garantiu consistência na imputação de custos, na análise de falhas e no cálculo de indicadores como o MTBF, o MTTR e o custo do ciclo de vida (LCC). A parametrização do MAXIMO foi, por sua vez, organizada em domínios lógico-funcionais:

- Estrutura organizacional: configuração da empresa e das suas organizações/sites, definição de centros de custo, especialidades e perfis de utilizador.

- Parque de ativos e localizações: criação da árvore de ativos e localizações, regras de classificação, políticas de criticidade e respetivo carregamento massivo via ficheiros estruturados.
- Área de intervenção técnica: definição de equipas, grupos de trabalho, calendários de turno, capacidades e regras de alocação de recursos.
- Gestão de ordens de trabalho: modelação do ciclo de vida das OT (abertura, aprovação, planeamento, execução, fecho, feedback técnico), tipologias (corretiva, preventiva, melhoria, inspeção) e fluxos de aprovação.
- Planeamento: configuração de planos de manutenção preventiva e baseada em condição, geradores de OT, janelas operacionais e regras de priorização.
- Gestão de inventário: parametrização de armazéns, artigos, unidades de medida, níveis de stock, listas de materiais (BOM) e integração com o ERP para valorização e movimentação de stock.
- Gestão financeira: definição das regras de imputação de custos (mão-de-obra, materiais, serviços externos) por ativo, centro de custo, projeto ou ordem interna, alinhadas com o modelo contabilístico do grupo.
- Compras e serviço externo: configuração de requisições, ordens de compra, contratos de serviço, receções e ligação com o workflow corporativo de aprovação.
- Segurança e controlo de acessos: definição de domínios de segurança, perfis, permissões por aplicação e segregação de funções crítica para controlo interno.

A arquitetura lógica do sistema foi organizada nos níveis nativos do MAXIMO: System (configurações globais e estruturas de classificação), Item Set (artigos, serviços e ferramentas partilhados), Company Set (fornecedores e demais entidades comerciais), Organization (regras financeiras e de negócio) e Site (objetos operacionais, como ordens de trabalho, ativos e planos de manutenção). Esta segmentação facilita a reutilização de dados, permite uma partilha controlada de informação entre fábricas e suporta modelos de governação diferenciados por organização ou unidade. A implementação foi faseada por área industrial, num roll-out progressivo: numa primeira fase, configurou-se a base operacional – codificação de locais funcionais e técnica de ativos, definição de planos de

manutenção preventiva, criação das listas de materiais e carregamento massivo dos dados mestres.

Task Name	% Complete	Duration
MNG ---- BEGIN	98%	614 days
Site Work Start Up	100%	0 days
4D Pre-Assessment (Documenting, Data Coding, Diagramming, Dimensioning)	100%	30 days
Data gathering	100%	30 days
Data Analysis & Development Line Scope Review	100%	20 days
Development Area Data Consistency	100%	30 days
Data Gathering	100%	30 days
Consistency Analysis and Review	100%	20 days
Consistency Presentation	100%	5 days
Maintenance Proj - MNG ---- START	98%	604 days
Development Area #1 Finishing Line 1 (139 Finishing, 140 2ndChoise, 142 Dust Exhaust, 138 Lukky & Empty Pallets)	99%	108,13 days
Deployment Area #2 Line 3 Chip Washing, Screening, Defibration (333, 334) and Glue Mixing (335)	100%	80 days
Deployment Area #3 Finishing Line 2 (239 Finishing 2, 242 Dust Exhaust)	100%	45 days
Deployment Area #4 Chemicals Storage, Glue Preparation, Dosing (135)	100%	80 days
Deployment Area #5 Line 2 Chip Washing, Screening, Defibration, Glue Mixing (233, 234)	100%	39 days
Deployment Area #6A Line 3 Drying, Sifting, Fiber Bins, Forming, Pre-Press (336, 337)	100%	85 days
Deployment Area #6B Line 3 Power, Command & Control Room, Hydraulics, Heating, Exhaust (337)	100%	85 days
Deployment Area #7A Line 3 Hot Press, Cutting, Cooling, Stacking (337)	100%	85 days
Deployment Area #6C Line 2 Drying, Sifting, Fiber Bins, Forming, Pre-Press (236, 237)	100%	60 days
Deployment Area #6D Line 2 Power, Command & Control Room, Hydraulics, Heating, Exhaust (237)	99%	60 days
Deployment Area #7B Line 2 Hot Press, Cutting, Cooling, Stacking (237)	99%	60 days
Deployment Area #8A Wood Yard, Debarking, Chip Production, Chip Storage	100%	65 days
Deployment Area #8C Buildings, Fences, Gates, Roads, Yards, and Equipment (112, 121, 122, 124, 125, 145)	95%	65 days
Deployment Area #8D Maintenance Workshops (Electrical, Mechanical, Automotive, Rotatables (149, 999)	84%	65 days
Deployment Area #8B Utilities Power Plants, Transformer Plants, and Distribution (155, 156, 157 x, 160 x)	94%	73 days
Deployment Area #9B Utilities Process Water Plant (162)	95%	84,88 days
Deployment Area #9D Utilities Compressed Air Plant and Distribution (165)	95%	65 days
Deployment Area #9A Utilities Waste Water Plant (161)	95%	65 days
Deployment Area #9C Utilities Fire Safety (163)	100%	124,52 days
Deployment Area #10A Veneer Facing (750-1998)	100%	65 days
Deployment Area #10B Veneer Facing (760-2000)	100%	65 days
Deployment Area #10C Finished Goods Warehouse and Logistics (189, 114)	97%	65 days
Deployment Area #11 FEM	100%	65 days
MNG Deployment End	100%	0 days
MNG ---- END	100%	0 days

Figura 24 - Project da implementação

Em paralelo, foram desenhados e implementados os fluxos de negócio embebidos no sistema, incluindo:

- Regras de alocação automática de custos por ativo e centro de custo;
- Workflows de aprovação para pedidos de trabalho e requisições de compra;
- Mecanismos de gestão de rotáveis e de controlo de ciclo de vida de componentes reparáveis;
- Modelos de relatórios operacionais e dashboards de KPIs (disponibilidade, fiabilidade, cumprimento de plano, custo por ativo, backlog, entre outros);
- Funcionalidades de scheduling para planeamento de intervenções em contextos de recursos e janelas operacionais limitadas;
- Requisitos de mobilidade (utilização em dispositivos portáteis no chão de fábrica) e integração com plataformas externas (ERP, sistemas de compras, SCADA/IoT).

Quadro 7 - Lista de melhorias por unidade fabril

Count of #	Rótulos de Coluna			
Rótulos de Linha	Mob	Mob / Web	Web	Total Geral
OH	110	97	199	406
PJTEAM	56	93	231	380
MNG	44	29	144	217
NET	40	19	32	91
BSK	10	6	38	54
WTR	9	9	18	36
LIN	10	4	21	35
MEP	10	2	17	29
VAL	5	4	8	17
IT			17	17
CUE	4	3	2	9
EUR		3	2	5
Total Geral	298	269	729	1296

Para modelar o software em conformidade com as necessidades operacionais da unidade fabril, foram identificadas diversas melhorias funcionais. Estas não tiveram origem exclusiva em Mangualde (MNG), resultando antes de um processo colaborativo entre todas as unidades, que assegurou a incorporação de requisitos e boas práticas transversais à organização no IBM MAXIMO Application Suite. O Quadro 7 sintetiza este contributo global – número de propostas por unidade e por tipo de interface (aplicação móvel, Mob/Web e Web) –, evidenciando o papel ativo de Mangualde, com 217 sugestões num total de 1296 recolhidas em todas as fábricas.

O Quadro 8 sintetiza um conjunto de oportunidades de melhoria reportadas pelos utilizadores do IBM MAXIMO, no contexto específico da operação da organização. As propostas concentram-se sobretudo na otimização de fluxos de trabalho (*flows e routines*), na correção de falhas funcionais e no aperfeiçoamento da usabilidade, tanto na interface web como na aplicação móvel. Destacam-se, em particular, problemas associados a inconsistências de dados (por exemplo, divergências de valores face ao SAP), dificuldades na criação de reservas de materiais, limitações na edição de ordens de trabalho e falta de flexibilidade na extração e personalização de informação para análise externa (designadamente em Excel).

Quadro 8 - Lista de melhorias ou erros da implementação do CMMS

Sonae Arauco - PLANTS					Global Criticality	TEAM TO SOLVE	Status
Software	Point Type	Subject	Description EN			Who?	
Mob	Improve	Flows Routines	Research in mobility by stop qPesquisa na mobilidade por OT's de paragem	1-Critical			Done
Web	Error	Flows Routines	Difference from a decimal house between the cost of material in SAP and Maximidiferença de uma casa decimal entre o custo de material em SAP e no MAXIMO	1-Critical			Done
Web	Error	Flows Routines	We can not create material reserves at Maximo in Area 140 and 142 with the stop account (P058NAT20) não conseguimos criar reservas de material no maximo na area 140 e 142 com a conta da paragem (p058nat20)	1-Critical			Done
Mob	Improve	Flows Routines	The new positions in mobility are appearing at the endas novas posições na mobilidade estam a aparecer no final	1-Critical			Done
Web	Improve	Flows Routines	Personalization of the columns and information of the (tracking of work orders) to get the information needed to work in Excelpersonalização das colunas e informação do (acompanhamento das ordens de trabalho) para obter a informação necessaria para trabalhar em excel	1-Critical			Done
Mob	Error	Flows Routines	In offline mode, all that is made makes error in loadingno modo offline , tudo que se fizer dá erro no carregamento	1-Critical	IT		Done
Mob / Web	Error	Flows Routines	being able to rectify the location after the work order is createdpoder retificar a localização depois da ordem de trabalho ser criada	1-Critical			Done
Mob	Error	Flows Routines	Quantity that suggests in mobility by error always gives 1quantidade que se sugere na mobilidade por erro dá sempre 1	1-Critical			Done
Mob / Web	Improve	Flows Routines	Define and tune the process of the quantification / requisition Man PowerDefinir e afinar o processo da quantificação/requisição de mão de obra	1-Critical	MF		Done

5.3 Procedimentos de análise e método de indicadores

5.3.1 Gestão de custos

Após a implementação do sistema IBM MAXIMO, o processo de extração e controlo de custos foi significativamente otimizado, passando a exigir o cruzamento de apenas dois sistemas informáticos, ambos com capacidade para a geração de relatórios. Os custos passaram a ser geridos e organizados por rubricas de tipologia de custo, conforme ilustrado na Figura 25. Todos os serviços realizados, bem como todas as peças de armazém, encontram-se devidamente classificados, permitindo que a base de dados associada a essas rubricas assegure a correta imputação e alocação dos custos aos respetivos centros de custo.

SAP	HFM	OG			
616300000Z030	Mechanical Spare Parts	Z030	616200000Z003	OtherIndManuf	Z003
616300000Z032	ElectronicSP	Z032	616300000Z003	OtherIndManuf	Z003
612400000Z031	ElectricalSP	Z031	616200000Z006	OtherIndManuf	Z006
616300000Z031	ElectricalSP	Z031	616300000Z006	OtherIndManuf	Z006
616200000Z004	OtherSP	Z004	616200000Z007	OtherIndManuf	Z007
616300000Z004	OtherSP	Z004	616300000Z007	OtherIndManuf	Z007
616640000Z004	OtherSP	Z004	616200000Z008	OtherIndManuf	Z008
616200000Z005	OtherSP	Z005	616300000Z008	OtherIndManuf	Z008
616300000Z005	OtherSP	Z005	616200000Z009	OtherIndManuf	Z009
616640000Z005	OtherSP	Z005	616300000Z009	OtherIndManuf	Z009
612400000Z039	OtherSP	Z039	616930000Z015	ToolsMAterials	Z015
616300000Z039	OtherSP	Z039	616930000Z030	Mechanical Spare Parts	Z030
616640000Z039	OtherSP	Z039	622368003	Limpeza, higiene e conforto	8003
612200000Z011	ToolsMAterials	Z011	616930000	Mechanical Spare Parts	0000
616300000Z011	ToolsMAterials	Z011	612400000Z032	ElectronicSP	Z032
612400000Z015	ToolsMAterials	Z015	616930000Z039	OtherSP	Z039
616300000Z015	ToolsMAterials	Z015	616300000	Mechanical Spare Parts	0000
623100000	Ferramentas e utensílios de desg. rápido	0000	616200000	Mechanical Spare Parts	0000
6226210000	Conservação e reparação: Outros-Maquinaría	0000	612200000Z031	ElectricalSP	Z031
6226220000	Conservação e reparação: Outros-Maquinaría	0000	616920000Z013	HSMaterials	Z013
6226100000	Conservação e reparação: Outros-Edifícios e Facilities	0000	616920000Z021	Cuttingtools	Z021
			616930000Z011	ToolsMAterials	Z011
			616920000Z022	SandingBelts	Z022

Figura 25 - Tipologia de custos

Após a definição, estruturação e validação da base de dados das rubricas, foi desenvolvido um conjunto de relatórios no sistema MAXIMO (Figuras 26, 27 e 28), com o objetivo de automatizar, na medida do possível, o processo de recolha e preenchimento da informação. De forma complementar, foi implementado um relatório no sistema SAP S/4HANA (Figura 29), direcionado especificamente para a gestão das peças de armazém.

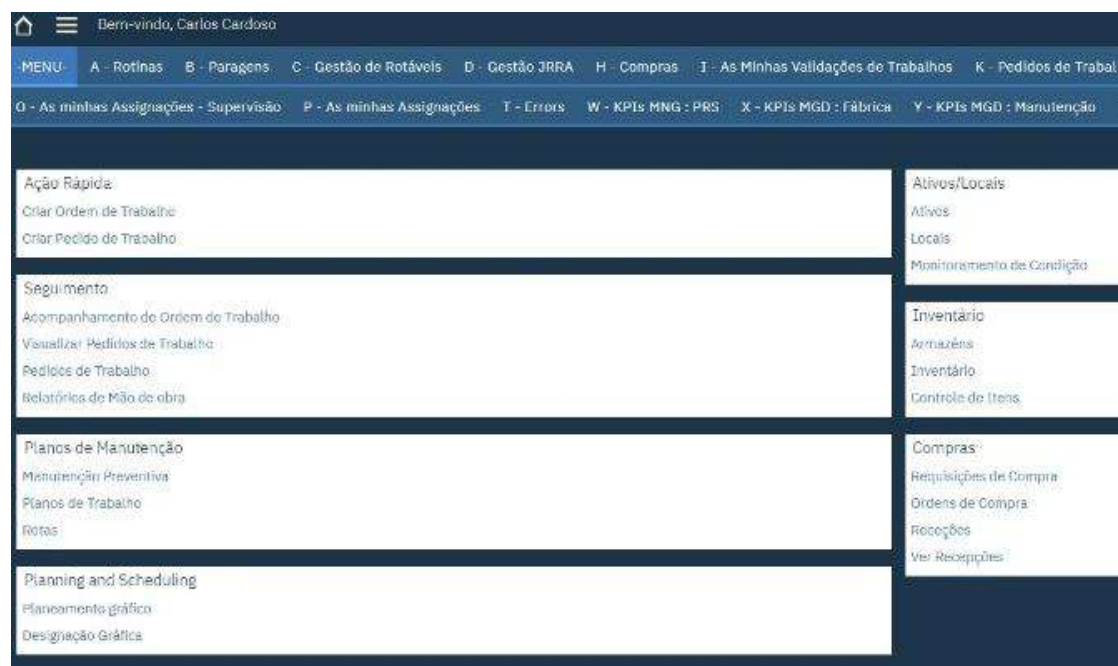


Figura 26 - Centro de início MAXIMO

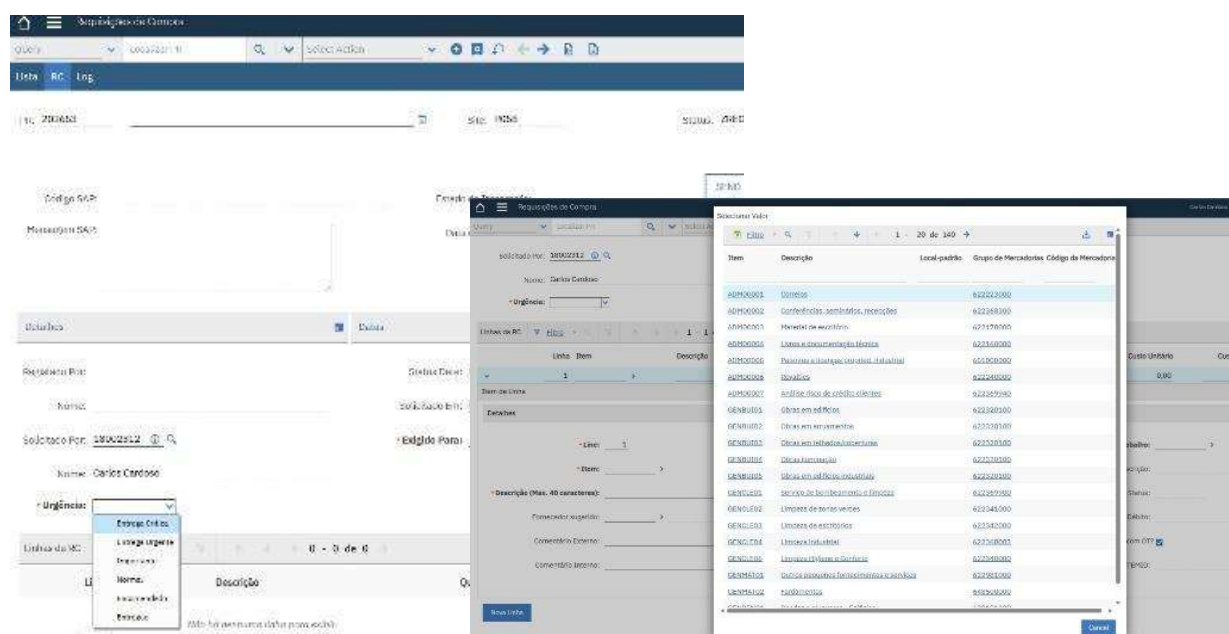


Figura 27 - Requisição em MAXIMO

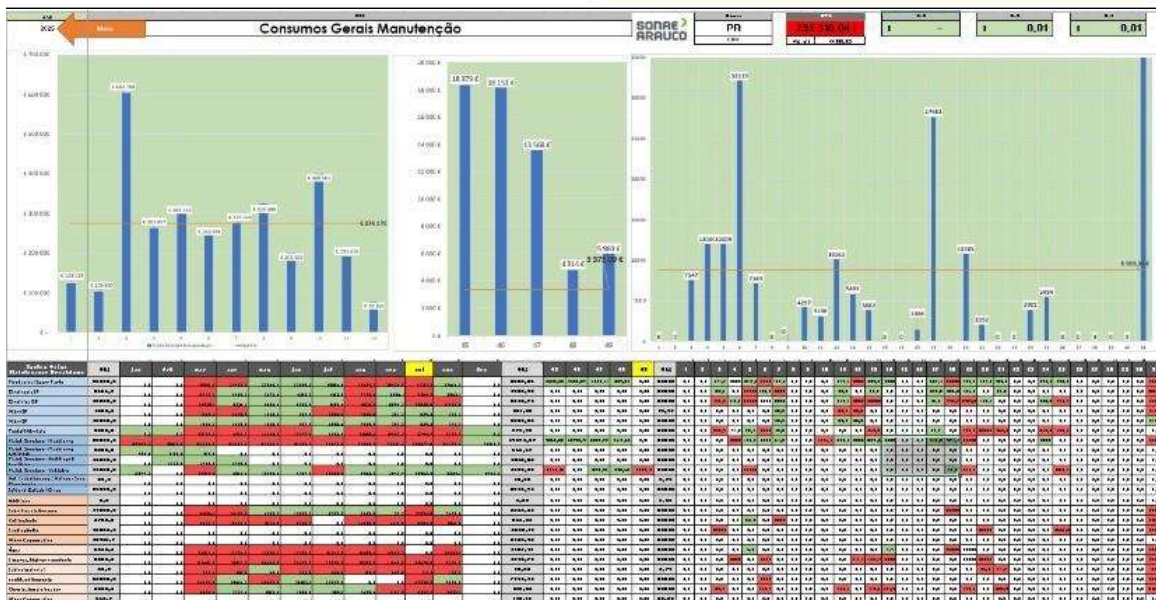
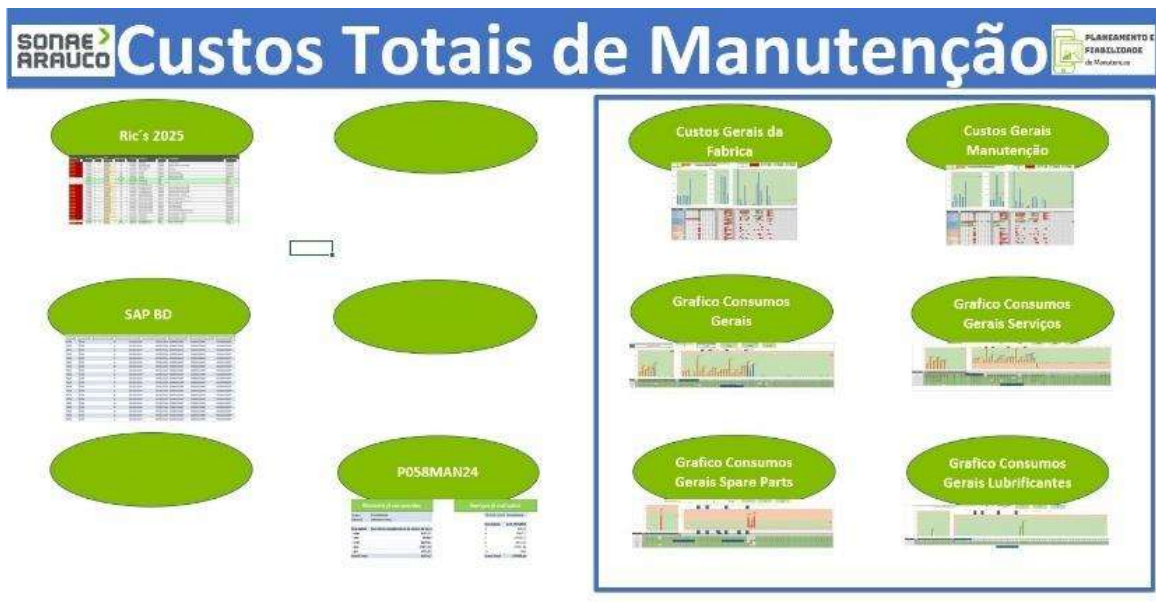


Figura 30 - Vista geral dos custos da manutenção

5.3.2 Gestão de mão-de-obra externa

Estando já implementados a gestão de custos e o sistema IBM MAXIMO, tornou-se pertinente reforçar a gestão da mão-de-obra externa. O registo era, até então, efetuado em folhas de ponto individuais preenchidas diariamente para cada colaborador – um processo logisticamente complexo e sujeito a falhas. Procedeu-se, por isso, à conversão para um modelo de registo coletivo, eliminando o risco de perda de documentação e melhorando a fiabilidade da informação. A análise do controlo efetuado a posteriori revelou ainda oportunidades de melhoria, nomeadamente uma folha de registo mais completa e automatizada, que torna o registo e o controlo mais rápidos e eficientes.

Identificou-se também a necessidade de a tornar compatível com o carregamento no IBM MAXIMO, associando todas as horas de mão-de-obra ao histórico das ordens de trabalho – o que permite construir um histórico consistente, essencial para o planeamento futuro e a tomada de decisão informada.

- Folha de mão-de-obra, individual

Figura 31 - Folha de mão-de-obra, individual

Folha individual de registo na qual se verificava um elevado risco de extravio de documentos e um significativo desperdício de papel.

- Atual folha de ponto

Figura 32 - Atual folha de ponto

Folha atualmente utilizada, agregada por empresa e por dia, permitindo reduzir significativamente o desperdício de papel e o risco de extravio de registos.

- 1º Excel de controle

Ponto Diário Individual															
PGT	LOC	Data	Descrição de	Nome Trabalhador	Nome da	inici	fim 1	inici	fim 2	inici	fim 3	inici	fim 4	inici	fim 5
16183	NEF2	21/05/2018	ELETRICISTA	ANTONIO GOMES ALVES	AG	MEVCOPE	8,5	17,5						8	0
163364	NGAC	21/05/2018	ELETRICISTA	EDUARDO CUNHA	EC	MEVCOPE	8,5	17,5						8	0
1507	NGAC	21/05/2018	S MECANICA	ERNESTO	ES	MEVCOPE	8,5	18,5						9	0
153833	NEF2	21/05/2018	S MECANICA	HUGO MARTINS	HM	MEVCOPE	8	19						10	0
153873	NEF2	21/05/2018	S MECANICA	JOAO CELSO FLEURY REDD	JCF	MEVCOPE	8	19						10	0
153873	NGAV	21/05/2018	S MECANICA	JOAO MA SINDOS	JMS	MEVCOPE	8	19						10	0
151893	NEF2	21/05/2018	ELETRICISTA	JOSE RAFAELA SINDOS	JSR	MEVCOPE	8,5	17,5						8	0
151893	NEF2	21/05/2018	S MECANICA	JOSE MIGUEL C PEREIRA	JMP	MEVCOPE	8,5	20,5						9	0
149	MGMC	21/05/2018	S MECANICA	JOSE TAGO	JT	MEVCOPE	8,5	20		0	3			10,5	0
150309	NGAC	21/05/2018	ELETRICISTA	LAURENTINO RACHADA	LRF	MEVCOPE	8,5	17,5						8	0
150309	MGMC	21/05/2018	S MECANICA	RICARDO	RR	MEVCOPE								0	8
153443	NGAV	21/05/2018	S MECANICA	RICARDO CRISTOVAO	RC	MEVCOPE	8,5	20,5		0,5	3,5			11	0
153443	NEF2	21/05/2018	S MECANICA	SERGIO PERALTA	SPF	MEVCOPE	8	19						10	0
150452	NGAC	22/05/2018	ELETRICISTA	EDUARDO CUNHA	EC	MEVCOPE	8,5	17,5						9	0
150452	NGAC	22/05/2018	S MECANICA	ERNESTO	ES	MEVCOPE	10,5	19						4,5	0
1505	MGMC	22/05/2018	S MECANICA	HUGO MARTINS	HM	MEVCOPE	8	19						10	0
153303	NEF2	22/05/2018	S MECANICA	JOAO CELSO FLEURY REDD	JCF	MEVCOPE	8	19						10	0
153303	NEF2	22/05/2018	S MECANICA	JOAO MA SINDOS	JMS	MEVCOPE	8	19						10	0
151893	NEF2	22/05/2018	ELETRICISTA	JOSE RAFAELA SINDOS	JSR	MEVCOPE	8,5	17,5						8	0
151893	NEF2	22/05/2018	S MECANICA	JOSE MIGUEL C PEREIRA	JMP	MEVCOPE	8	19						10	0
149	MGMC	22/05/2018	S MECANICA	JOSE TAGO	JT	MEVCOPE	8,5	20						10,5	0

Figura 33 - 1º excel de controle

Ficheiro Excel de preenchimento complexo, suportado por fórmulas básicas e múltiplos campos manuscritos, o que aumenta a probabilidade de erros de cálculo e inconsistências nos registros

- Atual Excel de controle

Ficheiro Excel mais detalhado e personalizado, com uma folha específica para o carregamento automático de dados no MAXIMO, enriquecendo a informação das ordens de trabalho com o número de intervenientes por especialidade e o seu tempo de execução.

WO N.	TASK ID	Date	Holiday	Company	Worker Name	Craft	Skill Level	HourType
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	MEVCOPE, LDA	ADOSTINHO ALVES	MEC	Serroteamento Mecânico	8 17 20 24
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	ENERHEL SYSTEM	ANTONIO CUNHA	ELE	Ajudante	8,5 19,5 20,5 21,5
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	MEVCOPE, LDA	EDSON GOMES	ELE	Eletromecânico	8,5 19,5 20,5 21,5
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	ENERHEL SYSTEM	EDUARDO	ELE	Ajudante	8,5 19,5 20,5 21,5
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	ENERHEL SYSTEM	GIL HERMELOPES	ELE	Ajudante	8,5 19,5 20,5 21,5
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	ENERHEL SYSTEM	HUGO FERNANDES	ELE	Eletricista Oficial	8,5 19,5 20,5 21,5
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	MEVCOPE, LDA	HUGO MARTINS	MEC	Serroteamento Mecânico	8 20 24 24
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	ENERHEL SYSTEM	JOEL PASSARAO	ELE	Chefe de equipa	8,5 19,5 20,5 21,5
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	ENERHEL SYSTEM	JOSE PERALTA	ELE	Ajudante	8,5 19,5 20,5 21,5
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	MEVCOPE, LDA	NORBERTO MARTIN MEC	MEC	Serroteamento Mecânico	8 20 24 24
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	MEVCOPE, LDA	NUNO RODRIGUES	MEC	Serroteamento Mecânico	8,5 17,5 20,5 24
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	MEVCOPE, LDA	PEDRO COSTA	MEC	Mecânico	8 17 20 24
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	MEVCOPE, LDA	RUI MARQUES	MEC	Serroteamento Mecânico	8,5 17,5 20,5 24
581213419	58MNTME01-PT05MNG00030-18	02/01/2025	0	MEVCOPE, LDA	SERGIO PERALTA	MEC	Mecânico	8,5 17,5 20 24

Figura 34 - Atual Excel de controle

- Mão-de-obra em MAXIMO

The screenshot displays the 'Mão de obra' (Labor) mask in the MAXIMO system. It features three main data entry sections, each with a table header and a 'Nova Linha' (New Line) button. The first section, 'Log de Serviço', has columns: Registro, Classe, Criado Por, Data, Tipo, Resumo, and Visualizável?. The second section, 'Log de Comunicação', has columns: Registro, Classe, Criado Por, Data, Tipo, Resumo, and Visualizável?. The third section, 'Mão de obra', has columns: Tarefa, Mão de obra, Nome, Data de Início, Hora de Início, Hora de Término, Horas Normais, Taxa, Line Cost, and Aprovado?. All three tables currently show 'Não há nenhuma linha para exibir.' (No lines to display).

Figura 35 - Mascara de registo de mão de obra no MAXIMO

Ecrã de registo das ordens de trabalho no MAXIMO, onde a informação relativa à mão-de-obra aplicada fica armazenada e disponível para suportar o planeamento de intervenções futuras de natureza idêntica

- Importância do processo em termos de auditoria

A mão-de-obra externa, por representar uma das principais parcelas do custo de manutenção, constitui também um dos processos mais sujeitos a auditoria, sobretudo no que respeita ao tempo efetivamente despendido na fábrica e à coerência entre a categoria profissional e o preço hora do técnico. O processo implementado responde diretamente a estas exigências, tornando o registo e a validação da informação mais rápidos e eficazes, enquanto reduz a probabilidade de erros associados a lançamentos manuais e a controlo documental disperso.

5.3.3 Gestão de rotáveis

Devido à complexidade do processo de gestão de rotáveis na aplicação, foi elaborada uma apresentação, incluída no Anexo B, destinada a apoiar a formação e a esclarecer dúvidas sempre que o procedimento seja realizado. Nessa apresentação é enquadrado o conceito de rotável, são descritos os passos para efetuar a respetiva reserva, bem como o modo de identificar, no MAXIMO, qual o ativo que foi instalado em linha. Adicionalmente, é detalhado o fluxo a seguir para o ativo que é retirado de serviço

produtivo, desde a sua saída até às etapas subsequentes de inspeção, reparação ou reinstalação.

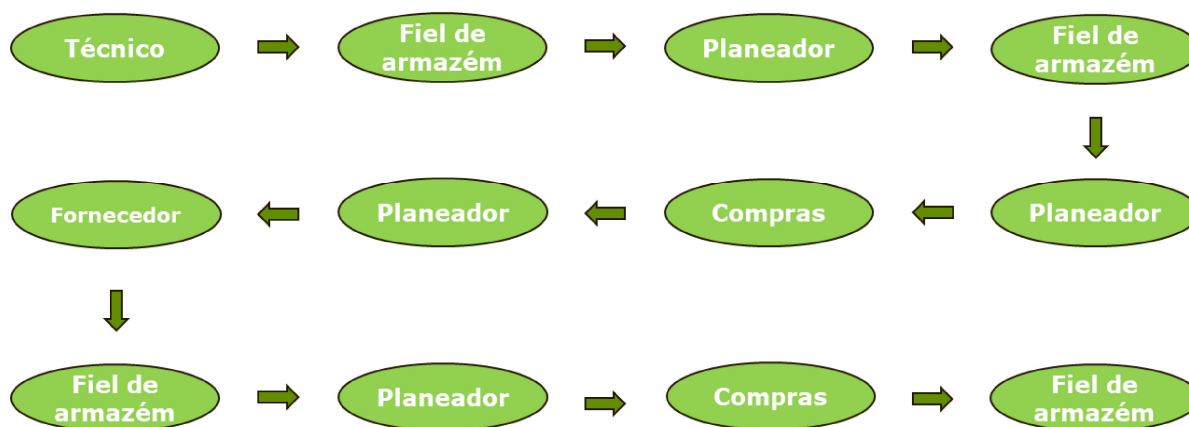


Figura 36 - PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS - MAXIMO

A Figura 36 ilustra o fluxo de informação e de materiais no processo de requisição, planeamento, aquisição e disponibilização de materiais para atividades de manutenção. O processo inicia-se com o Técnico, que identifica a necessidade de um determinado material ou componente para a execução de uma intervenção.

A solicitação é encaminhada ao Fiel de Armazém, que verifica a disponibilidade do material em stock. Caso o material exista, o processo pode ser concluído com a sua disponibilização ao técnico. Na ausência de stock, a necessidade é encaminhada ao Planeador, responsável por analisar a requisição, validar a necessidade e integrá-la no planeamento das atividades de manutenção.

Após a validação, o Planeador envia a solicitação para a área de Compras, que procede ao processo de aquisição junto do Fornecedor. O fornecedor, após receber a encomenda, efetua o fornecimento do material solicitado.

Uma vez recebido o material, este é entregue ao Fiel de Armazém, que realiza a conferência, o registo de entrada em sistema e o armazenamento adequado. De seguida, o Planeador é informado da disponibilidade do material, permitindo o reagendamento ou confirmação da intervenção de manutenção. Por fim, o Fiel de Armazém disponibiliza o material ao Técnico para execução do trabalho.

Este fluxo evidencia a importância da coordenação entre manutenção, armazém, planeamento e compras, garantindo a rastreabilidade do processo, a redução de atrasos nas intervenções e uma gestão eficiente dos recursos materiais.

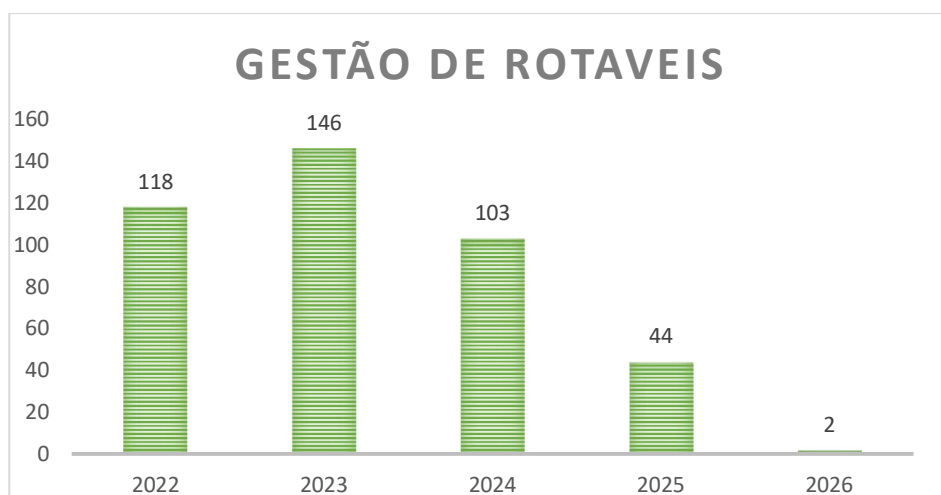


Figura 37 - Quantidade de rotáveis geridos por ano

Na Figura 37 apresenta-se a evolução anual da gestão de rotáveis no período 2022–2026. Observa-se um aumento inicial de 118 registos em 2022 para 146 em 2023, seguido de uma redução para 103 em 2024, tendência que indica um primeiro momento de consolidação do processo de registo e controlo destes ativos após a implementação do novo IBM MAXIMO em 2021. A partir de 2025 verifica-se uma quebra acentuada, com o número de registos a diminuir para 44 em 2025 e apenas 2 em 2026. Esta tendência poderá refletir uma estabilização do parque de rotáveis, traduzindo-se numa menor necessidade de substituições. Poderá também resultar da melhoria da qualidade da informação, decorrente da eliminação de redundâncias e de um maior rigor na classificação dos ativos.

Este comportamento evidencia a maturação progressiva da gestão de rotáveis suportada pelo sistema. O pico observado corresponde ao esforço inicial de carregamento e normalização dos dados. Posteriormente, verifica-se um ajustamento gradual até níveis considerados estáveis e alinhados com a realidade operacional.

5.4 Estudo caso múltiplo de natureza qualitativa, implementação de um CMMS

Apresentam-se os resultados da codificação dos oito casos, reservando-se a sua interpretação para a secção seguinte. O Quadro 9 sintetiza o saldo de valência de cada proposição no conjunto do corpus.

Quadro 9 - Saldo de Valência das proposições (8 casos: 6 em Portugal, 2 na Alemanha)

P.	Relação proposta	V1	V2	V3	Estatuto
P1a	CMMS → Digitalização	12	0	0	Corroborada (muito forte)
P1b	CMMS → Eficácia	9	0	2	Corroborada (condicional no terreno)
P1c	CMMS → Sustentabilidade	2	0	0	Fraca (só gestão)
P2	Eficácia → Digitalização	2	0	0	Só gestão
P3	Digitalização → Eficácia	9	0	1	Corroborada (muito forte)
P4	Sustentabilidade → Eficácia	5	1	0	Clivagem invertida
P5	Eficácia → Sustentabilidade	3	1	0	Frágil
P6	Digitalização → Sustentabilidade	0	0	1	Não sustentada
P7	Eficácia → Ef. Operacional	2	0	0	Só gestão
P8	Digitalização → Ef. Operacional	5	4	1	Contestada (clivagem)
P9a	Ef. Operacional → Compet. Fabril	2	0	0	Só gestão
P9b	Ef. Operacional → Compet. Grupo	4	0	0	Só gestão
P10a	Sustentabilidade → Compet. Fabril	1	0	0	Só gestão
P10b	Sustentabilidade → Compet. Grupo	1	1	0	Dividida
P13	Mecanismo: assimetria de incentivos	6	0	0	Só terreno (mecanismo)

Nota: V1 = Confirma; V2 = Refuta; V3 = Ambígua/Mista. P11 demonstra-se por matriz, não se codifica; P12 é código descritivo, sem valência. O saldo de P13 reflete a reconciliação para valência única.

5.4.1 Um núcleo corroborado de forma transversal

Três proposições destacam-se pela robustez e pela ausência de refutação em qualquer perfil ou geografia. A adoção do CMMS associa-se inequivocamente à digitalização (P1a, doze confirmações), à eficácia da gestão da manutenção (P1b, nove confirmações, com duas leituras condicionais no terreno), e a digitalização associa-se à eficácia (P3, nove confirmações). Este núcleo confirma-se tanto na gestão como no nível operacional, constituindo o resultado mais sólido do estudo: a digitalização da função manutenção é uma realidade reconhecida em todos os níveis.

5.4.2 Uma clivagem estruturada por nível hierárquico

O resultado mais distintivo encontra-se na proposição que liga as capacidades digitais à eficiência operacional (P8). Globalmente, o saldo é de cinco confirmações, quatro refutações e uma leitura mista – um aparente equilíbrio que, desagregado por nível, revela um padrão nítido (Quadro 10) a gestão confirma (quatro contra uma), enquanto o terreno refuta (três contra uma, mais uma mista). As quatro refutações provêm, sem exceção, do nível operacional, e ancoram-se em expressões recorrentes de sobrecarga e burocracia.

Quadro 10 - P8 e P4 por nível hierárquico (V1/V2/V3).

	Gestão (n=3)	Terreno (n=5)
P8 (V1/V2/V3)	4 / 1 / 0	1 / 3 / 1
P4 (V1/V2/V3)	1 / 1 / 0	4 / 0 / 0

O mesmo quadro evidencia uma clivagem em sentido inverso na proposição que liga a sustentabilidade à eficácia (P4): aqui é o terreno que confirma (quatro contra zero), através da prática quotidiana de segurança e ambiente, e a gestão que se divide. As duas clivagens, em sentidos opostos, desenham o mesmo facto: cada nível confirma aquilo que toca diretamente a sua função.

5.4.3 Uma camada sistémica exclusiva da gestão

Toda a camada sistémica e estratégica regista zero referências no nível operacional. As proposições relativas à competitividade (P9a, P9b, P10a, P10b), à sustentabilidade como resultado (P5, P6) e aos elos de segunda ordem (P2, P7, P1c) são articuladas apenas pela gestão. O universo proposicional do terreno restringe-se a seis proposições de natureza local e tangível (P1a, P1b, P3, P4, P8 e P13).

5.4.4 Um mecanismo visível apenas no terreno

A proposição que formaliza a assimetria de incentivos (P13) regista seis confirmações, todas do nível operacional, e nenhuma na gestão. O seu conteúdo apresenta duas faces: o benefício analítico é perçecionado como pertencendo à gestão, enquanto o custo do registo recai sobre o terreno. A distribuição é, em si, o resultado.

5.4.5 Resultados negativos e temas emergentes

Um resultado negativo merece destaque: a proposição que liga a digitalização à sustentabilidade (P6) não obteve qualquer confirmação (apenas uma leitura ambígua). A sustentabilidade, quando surge, é associada à economia circular e à segurança, não à digitalização. Dois temas emergentes adquiriram peso: a perda de conhecimento por rotação de pessoas (replicada em três casos, transversal a países e níveis) e a qualidade dos dados (fenómeno GIGO – registo apressado, incompleto ou em ativos errados), atribuída pelos técnicos ao uso heterogéneo do sistema.

5.4.6 Triangulação por instrumento

A clivagem por nível replica-se por instrumento diferente. Na escala de Likert alemã, o respondente de gestão concorda com as proposições do elo digital–eficácia/eficiência (P1b, P3, P7, P8), enquanto o operacional discorda das quatro, convergindo ambos na sustentabilidade (P4, P5) e na competitividade fabril (P9a, P10a).

6. ANÁLISE DOS RESULTADOS

Neste capítulo procede-se à análise crítica dos resultados à luz da literatura e das boas práticas de engenharia e gestão industrial. São discutidas as implicações da melhoria do controlo de custos, da formalização da gestão de mão-de-obra externa e da implementação de um modelo estruturado de indicadores, incluindo os de sustentabilidade, para a maturidade do sistema de manutenção. Serão também analisadas as condições necessárias para escalabilidade da solução a outras unidades industriais e a sua contribuição para objetivos mais amplos, como certificações ISO, políticas ESG e estratégias de Indústria 4.0/5.0.

Implementação de um software CMMS

O sucesso da implementação vai passar pelo acompanhamento durante e após, tal faz-se através de testes ao sistema, medidas de verificação de velocidade e fiabilidade da rede, cópias de segurança e uma dedicação extra das equipas, que serão fundamentais para resolver quaisquer contratempos que surjam e encontrar respostas.

Depois da implementação do programa ainda há muito a fazer, para que o trabalho não vá em vão. É necessário continuar e criar mecanismos de avaliação do

funcionamento. É preciso ir verificando se as expectativas e objetivos definidos estão a ser atingidos e, sempre que necessário, reavaliar e fazer ajustes.

A adoção de um CMMS, representa um passo estratégico na digitalização da manutenção industrial e na maturidade da gestão de ativos. Em ambientes empresariais altamente competitivos e sujeitos a rápidas mudanças, modernizar os processos por meio de soluções tecnológicas é essencial.

A introdução de um sistema CMMS não compensa deficiências estruturais nos processos de negócio. Processos desatualizados, rígidos ou desalinhados com as reais necessidades operacionais continuarão a comprometer a performance, mesmo com tecnologias avançadas.

O fator crítico de sucesso está na equipa de implementação. A competência técnica dos profissionais, aliada à sua disponibilidade, capacidade de integração multidisciplinar e comprometimento com os objetivos do projeto, é determinante para garantir uma implementação eficaz. A seleção dessa equipa deve ser baseada em critérios objetivos de conhecimento funcional e técnico. Além disso, o apoio ativo da alta direção é fundamental, tanto no que diz respeito à valorização do projeto quanto à disponibilização de recursos financeiros, humanos e tecnológicos adequados.

O sucesso de um CMMS não reside apenas na tecnologia implementada, mas na integração entre processos, pessoas e sistemas. A maturidade da gestão de manutenção será tanto maior quanto mais alinhadas estiverem as práticas operacionais ao potencial da ferramenta adotada.

- Ter a equipa hierarquicamente a acreditar no sistema.
- Simplificar no início para cativar os colaboradores.
- Exigir que se registre tudo no software
- Não alterar muito a forma de trabalhar.
- Ter uma sequência lógica de ter a informação
- Ter tudo o mais informatizado e normalizado possível, assim ajuda num futuro para fazer indicadores facilmente para a tomada de decisão
- Ter valores e indicadores fáceis de perceber.
- Inicialmente as metas devem ser fáceis de alcançar, para motivar as pessoas.

A implementação do sistema de gestão de manutenção IBM MAXIMO em 2021 representou um passo fundamental na digitalização e normalização dos processos de manutenção da organização. A introdução de um sistema de Computerized Maintenance Management System (CMMS) permitiu centralizar o registo das ordens de trabalho, melhorar a rastreabilidade das intervenções e estabelecer uma base de dados estruturada para análise do desempenho da manutenção. A partir da sua implementação passou a ser possível classificar e acompanhar diferentes tipologias de atividades, nomeadamente manutenção corretiva, manutenção preventiva, pedidos de trabalho, outros trabalhos e atividades associadas a investimentos ou melhorias. Esta estrutura de registo possibilita uma análise detalhada da evolução das práticas de manutenção e da forma como a organização tem vindo a gerir os seus ativos ao longo do tempo.

Análise de dados (quantidades de ordens de trabalho)

A análise dos dados mostra que a manutenção preventiva representa consistentemente a maior parcela das ordens de trabalho registadas. Em 2021 foram registadas 30 667 intervenções preventivas, número que aumentou significativamente para 42 457 em 2022 e 43 167 em 2023. Este crescimento pode ser interpretado como um efeito natural da implementação do sistema, uma vez que durante os primeiros anos é comum ocorrer um processo de estruturação e formalização dos planos de manutenção preventiva anteriormente existentes ou executados de forma menos sistemática. Em 2024 verifica-se um novo aumento para 52 062 intervenções preventivas, indicando um reforço das rotinas planeadas e uma maior maturidade do sistema de gestão de manutenção. Em 2025 observa-se uma redução para 45 681 ordens de trabalho preventivas, associada à revisão dos planos de manutenção realizada nesse ano, cujo objetivo foi otimizar as tarefas existentes e ajustar as frequências de intervenção à criticidade e ao comportamento real dos equipamentos. Já em 2026, os valores apresentados (7 778) refletem provavelmente um período parcial de registo anual, não sendo diretamente comparáveis com os anos completos anteriores.

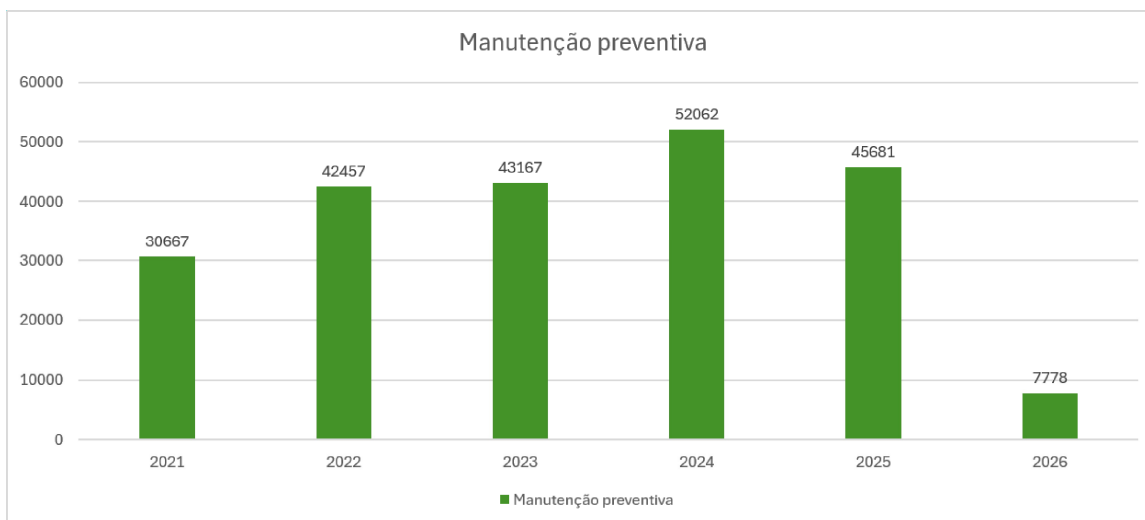


Figura 38 - Ordens de trabalho preventivo

Relativamente à manutenção corretiva, os dados mostram uma tendência geral de redução ao longo do período analisado. Em 2021 foram registadas 1 283 intervenções corretivas, aumentando significativamente para 6 080 em 2022 e mantendo valores elevados em 2023 (5 984). Este aumento inicial pode estar associado ao processo de adaptação ao sistema, em que falhas anteriormente não registadas passaram a ser formalizadas através de ordens de trabalho. A partir de 2024 verifica-se uma tendência de diminuição, com 4 880 intervenções corretivas, seguida de uma redução mais acentuada em 2025 para 4 047. Esta evolução pode indicar uma melhoria progressiva na eficácia das estratégias de manutenção preventiva e no controlo das condições operacionais dos equipamentos, resultando numa diminuição das falhas inesperadas e das paragens não planeadas.



Figura 39 - Ordens de trabalho corretivas por ano

Os pedidos de trabalho constituem outro elemento relevante da análise. Estes pedidos podem ser submetidos por qualquer colaborador da fábrica e representam um

mecanismo formal de comunicação de ocorrências operacionais, incluindo paragens de linha, anomalias nos equipamentos, propostas de melhoria ou identificação de potenciais riscos de segurança. Em 2021 foram registados apenas 77 pedidos, valor relativamente baixo que pode ser explicado pela fase inicial de implementação do sistema e pelo período de adaptação dos colaboradores aos novos processos digitais. A partir de 2022 verifica-se um aumento significativo para 3 492 pedidos, seguido de 4 847 em 2023 e 4 020 em 2024. Este crescimento demonstra uma maior utilização do sistema como ferramenta de comunicação interna e uma maior sensibilização dos colaboradores para a importância do registo formal das ocorrências. Notam-se em 2025 3.206 pedidos, uma redução modesta, possivelmente ligada à maior estabilidade operacional e a planos de manutenção preventiva mais eficientes.

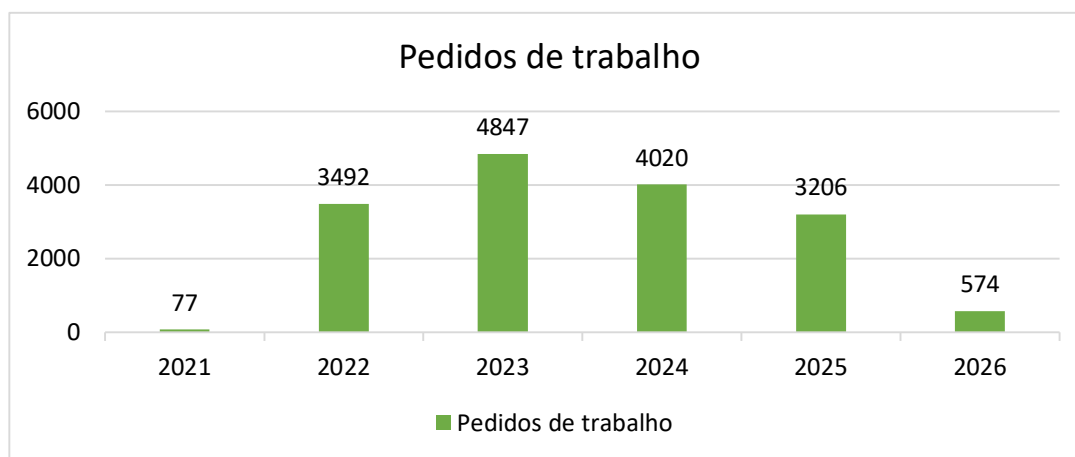


Figura 40 - Pedidos de trabalho

No que se refere à categoria “Investimentos/Melhorias”, embora representem uma parcela menor do total de ordens de trabalho, também fornecem informação relevante sobre a evolução da gestão de ativos. A categoria de investimentos e melhorias apresenta valores crescentes entre 2022 (310) e 2024 (1 058), sugerindo um período de maior intervenção estrutural nos equipamentos e infraestruturas, possivelmente associado à modernização de ativos ou à implementação de melhorias de eficiência operacional. Em

2025 observa-se uma redução para 736 intervenções desta natureza, o que pode indicar a conclusão de parte significativa desses projetos de melhoria.

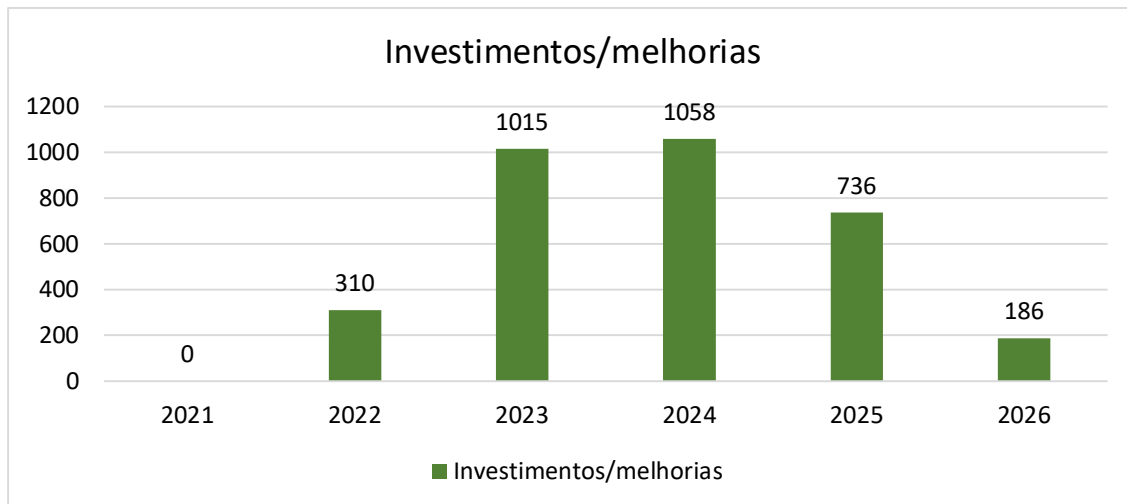


Figura 41 - Ordens de trabalho de investimentos

De forma global, a análise dos dados evidencia uma evolução progressiva da maturidade do sistema de gestão de manutenção após a implementação do IBM MAXIMO. Inicialmente verifica-se um aumento significativo no número de registros, reflexo da formalização dos processos e da maior disciplina no registo das atividades. Nos anos seguintes observa-se uma estabilização gradual e uma otimização das rotinas de manutenção, particularmente após a revisão dos planos preventivos realizada em 2025. Este processo contribui para uma gestão mais eficiente dos ativos industriais, permitindo reduzir intervenções corretivas, melhorar o planeamento das atividades e promover uma cultura organizacional mais orientada para a prevenção e para a melhoria contínua.

Quadro 11 - Quantidade de OT por tipologia

Ordens de trabalho	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Manutenção corretiva	1283	6080	5984	4880	4047	629
Manutenção preventiva	30667	42457	43167	52062	45681	7778
Pedidos de trabalho	77	3492	4847	4020	3206	574
Outros trabalhos	0	25	122	339	358	101
Investimentos/melhorias	0	310	1015	1058	736	186

No âmbito de obter uma perceção global sobre a implementação e aceitação do sistema de gestão da manutenção IBM MAXIMO, foi aplicado um inquérito (Anexo C) a 15 colaboradores utilizadores da aplicação, abrangendo diferentes funções e níveis de experiência. Os resultados obtidos encontram-se sintetizados na Figura 42.

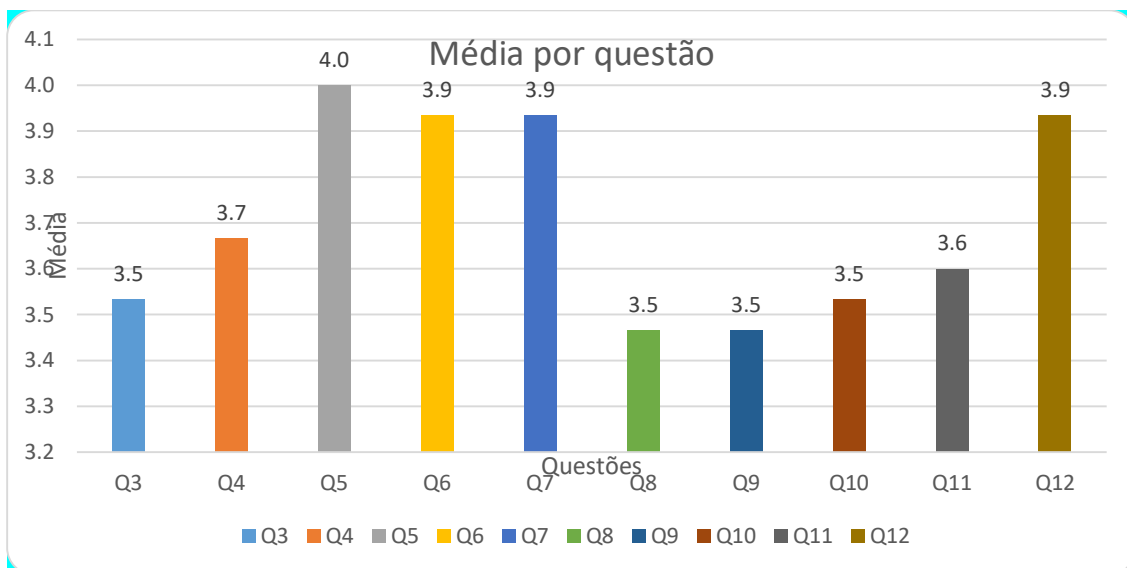


Figura 42 - Resultado do questionário por questão

De forma geral, o sistema recolhe uma avaliação positiva, com médias entre valores moderados e elevados da escala (aproximadamente 3,3 a 4,4). As dimensões mais bem classificadas são o planeamento da manutenção e a gestão de ativos (Questões 5 a 7), o que indica que os utilizadores reconhecem utilidade efetiva do sistema no suporte às atividades nucleares da gestão da manutenção. Em contrapartida, a usabilidade inicial e a gestão de materiais e indicadores (Questões 3, 4, 8 e 9) apresentam médias ligeiramente inferiores, sinalizando oportunidades de melhoria na interface, na facilidade de utilização e na adequação dos relatórios e da informação de apoio à decisão. O gráfico de médias por questão (Figura 42) evidencia ainda uma perceção favorável do desempenho e do contributo do sistema (Questões 10 a 12), com destaque para a concordância quanto ao impacto positivo do IBM MAXIMO na eficiência da gestão da manutenção. Em síntese, verifica-se uma boa aceitação do sistema – particularmente entre os colaboradores com maior tempo de utilização –, que confirma o seu contributo para o planeamento, controlo e gestão dos ativos, embora subsistam aspetos a otimizar ao nível da usabilidade e da informação de suporte.

Gestão de custos

Tendo em vista uma evolução no nível de maturidade da gestão, recomenda-se, numa fase subsequente, a migração para uma plataforma automatizada ou a integração de ferramentas de business *intelligence*, como o *Power BI*, diretamente com as fontes de dados transacionais. Esta abordagem permite reduzir a intervenção manual, mitigar erros de registo, aumentar a fiabilidade dos dados e disponibilizar informação em tempo quase

real. Deste modo, o tempo da equipa de manutenção pode ser canalizado para a análise crítica e a tomada de decisão estratégica, em detrimento de atividades rotineiras de atualização e reconciliação de dados.

Gestão de ativos rotáveis

Após essas adaptações, o processo tornou-se mais estruturado e auditável. As principais atividades em desenvolvimento incluem a capacitação e sensibilização dos técnicos para o correto registo dos movimentos de rotáveis e a realização de um inventário exaustivo dos ativos elegíveis, incluindo o respetivo cadastro no sistema. No caso dos componentes elétricos, a existência de chapas de características e uma maior padronização facilitam a associação ao código interno de armazém. Em contraste, muitos componentes mecânicos não possuem identificação física, exigindo um esforço adicional de caracterização, classificação e catalogação, que será realizado de forma faseada.

Para facilitar a adoção do novo processo e evitar que a burocracia inicial desmotive os técnicos, propõe-se a criação de um espaço físico dedicado à gestão de rotáveis, onde sejam colocados, de forma organizada, os componentes que saem da linha. Nesse espaço, os dois planeadores e os dois supervisores passam a executar, de forma sistemática, a rastreabilidade do fluxo dos ativos, desde a entrada do componente na linha até à decisão final sobre o destino do ativo que é retirado (reparação, reaproveitamento, sucata, etc.). Esta rotina operacional contribui para padronizar o processo, reduzir falhas de registo e consolidar o controlo sobre o ciclo de vida dos rotáveis.



Figura 43 - Proposta para gestão de rotável

Estudo de caso múltiplo de natureza qualitativa sobre implementação de um CMMS

Os resultados qualificam e aprofundam a conclusão do trabalho de mestrado. Se aí se estabeleceu que a adoção do CMMS não basta, os presentes dados identificam o que falta e “onde” reside o estrangulamento. A chave interpretativa é a distinção, proposta por Zahra e George (2002), entre capacidade de absorção “potencial” (adquirir e assimilar) e “realizada” (transformar e explorar). As proposições que exigem apenas assimilação (P1a, P1b, P3) confirmam-se em ambos os níveis; a que exige transformação (P8) cinde-se. O benefício que depende de transformar é exclusivo de quem detém capacidade de absorção realizada, a gestão e as estruturas analíticas. O “reliability department” descrito no caso alemão é a sua expressão organizacional institucionalizada. Num plano mais amplo, esta leitura inscreve-se na perspetiva das capacidades dinâmicas (Teece, Pisano & Shuen, 1997), de que a capacidade de absorção constitui uma manifestação específica: a aptidão da organização para reconfigurar conhecimento e recursos em resposta à mudança tecnológica, no caso presente, para converter a informação do CMMS em decisão e valor.

O caso evidencia um sistema maduro com capacidade de absorção imatura no nível que o opera – o “assimilation gap” (Fichman & Kemerer, 1997): a tecnologia é adquirida muito antes de ser verdadeiramente assimilada.

Por que P6 e P8 falham pela mesma razão

A não-sustentação da ligação digitalização–sustentabilidade (P6) não deve ser lida como impossibilidade, mas como potencial não realizado. O CMMS pode, em tese, sustentar ganhos de sustentabilidade orientados por dados (compras, validades, obsoletos, circularidade, pegada), mas esse potencial não está realizado pela mesma lógica que explica P8: exige capacidade de absorção realizada, ausente na operação. A sustentabilidade que o caso evidencia surge por uma via realizada e presente (circularidade manual e segurança) e não pela via digital e sistémica, que permanece latente.

A qualidade dos dados como viés diferido – o ponto de encontro com os KPI

Os KPI operacionalizados no projeto (MTTR, MTBF, disponibilidade, OEE, custo por ativo) pressupõem um histórico fiável – e é aqui que o fenómeno GIGO os afeta. Os dados sugerem uma inversão da relação eficiência–eficácia no momento do registo: sob pressão de tempo, o operador maximiza a sua eficiência local à custa da qualidade do

dado, degradando a eficácia analítica futura, um custo diferido e assimétrico que não recai sobre quem o gera.

O mecanismo encontra fundamento convergente em quatro literaturas. Na manutenção, a lógica da ISO 14224 estabelece a qualidade do dado de falha como pré-condição da fiabilidade. Nos sistemas de informação, é um compromisso entre dimensões de qualidade de dados (Wang & Strong, 1996), sobretudo “*timeliness*” versus “*accuracy*”, e a distinção entre uso e uso efetivo (Burton-Jones & Grange, 2013). Na gestão de operações, é a aplicação aos dados do princípio da qualidade na fonte (Deming; Sistema de Produção Toyota). O facto de o problema ser atribuído ao uso heterogéneo sugere um efeito de segunda ordem: parte do que se percebe como falha técnica poderá ser sintoma de má qualidade de dados, alimentando um ciclo de erosão de confiança e de uso – o que mantém estatuto de hipótese.

A assimetria de incentivos como mecanismo unificador

A assimetria de incentivos (P13) é o mecanismo que liga as observações anteriores. Quem suporta o custo do registo (a operação) não capta o benefício analítico (a gestão); este desalinhamento torna racional, para o operador, o registo apressado que origina o GIGO, e explica a lentidão da capacidade de absorção realizada do terreno. É coerente com a teoria da resistência como interação (Markus, 1983; Lapointe & Rivard, 2005) e com a fase de *shakedown* da implementação de sistemas empresariais (Markus & Tanis, 2000).

Contributo teórico

O contributo central é a transposição da capacidade de absorção para o domínio da gestão da manutenção e dos CMMS, articulando-a com a maturidade da manutenção, a qualidade de dados e a assimetria de incentivos numa explicação integrada, diferenciada por nível, da realização dos benefícios do sistema. Responde-se, assim, ao "porquê" deixado em aberto: os ganhos do CMMS materializam-se onde existe capacidade de absorção realizada e alinhamento de incentivos para a qualidade do dado.

Contributos para a sustentabilidade: ODS, ESG e conformidade ambiental

Os resultados têm também uma leitura em chave de sustentabilidade, que retoma os enquadramentos de ESG e dos ODS da revisão da literatura e os articula com o quadro de indicadores de sustentabilidade da manutenção aí desenvolvido. Este tratamento é interpretativo: o estudo não foi desenhado para medir a contribuição para os ODS nem

para os indicadores ESG, pelo que se identificam contributos consistentes com esses referenciais, e não impactos quantificados.

Os contributos realizados centram-se num registo tangível e atual, com correspondência direta a vários ODS (Quadro 12): a prática quotidiana de segurança (P4, confirmada pelo terreno) alinha-se com o ODS 8; a economia circular – recondicionamento de motores, reintrodução de rotáveis, índice de reparação (P10a, A2.3) – com o ODS 12; a eficiência energética dos ativos com os ODS 7 e 13; e a digitalização, enquanto habilitador, com o ODS 9.

Quadro 12 - Correspondência interpretativa entre achados e ODS

Achado do estudo	ODS	Estatuto
Segurança na rotina (P4 – confirmada pelo terreno)	ODS 8	Realizado
Economia circular – rotáveis, recondicionamento (P10a, A2.3)	ODS 12	Realizado
Eficiência energética dos ativos (classes de motor, preventiva)	ODS 7 · 13	Realizado
Digitalização / CMMS (habilitador)	ODS 9	Habilitador
Otimização por dados: compras, validades, pegada (P6 = 0)	ODS 12 · 13	Potencial não realizado

O contraste decisivo é que a via digital e sistémica da sustentabilidade permanece por concretizar (P6 = 0). O quadro de indicadores ambientais e de circularidade tratado anteriormente – emissões de CO₂ e emissões evitadas por extensão de vida útil, reciclabilidade, consumo energético por intervenção, custo do ciclo de vida – pressupõe um histórico de dados fiável que o CMMS poderia alimentar. Os presentes resultados explicam por que esse potencial não se realiza: a mesma lacuna de capacidade de absorção e de qualidade dos dados que trava a eficiência operacional (P8) também trava a operacionalização destes indicadores. Trata-se, de novo, de um potencial digital por realizar, agora na dimensão ambiental.

A componente de governança do ESG confere a este achado uma consequência regulatória. O relato de sustentabilidade obrigatório – designadamente ao abrigo da Diretiva CSRD (European Union, 2022) – exige informação ambiental fiável e auditável. Ora, a degradação da qualidade de dados na origem (GIGO) compromete precisamente a base sobre a qual esse relato assenta. Assim, a assimetria de incentivos e o uso heterogéneo do sistema, além de deprimirem a eficiência analítica, constituem um risco

para a capacidade de reporte de conformidade – elevando a qualidade do registo de manutenção de questão operacional a matéria de governança.

Por fim, a noção de maturidade em sustentabilidade – aferível face a referenciais como a ISO 14001 e a ISO 55000 – surge como um terceiro eixo, a par da maturidade do sistema e da capacidade de absorção. Também ela depende de capacidade de absorção realizada e de dados fiáveis, o que reforça a leitura unificada do estudo: eficiência, sustentabilidade digital e maturidade em sustentabilidade partilham o mesmo pré-requisito – a transformação efetiva de dados em decisão, ainda circunscrita ao nível de gestão.

Importa, por fim, sublinhar a convergência entre as três fontes de evidência mobilizadas neste capítulo, que configura uma triangulação metodológica. Os dados longitudinais das ordens de trabalho evidenciam a consolidação do uso do sistema (predomínio da preventiva, redução da corretiva, crescimento dos pedidos de trabalho); o inquérito aos quinze utilizadores confirma uma aceitação globalmente positiva, mais expressiva nas funções nucleares de gestão da manutenção do que na usabilidade e na informação de suporte; e o estudo de caso qualitativo explica esse mesmo padrão, mostrando que os benefícios se realizam de forma diferenciada consoante a capacidade de absorção de cada nível organizacional.

7. CONCLUSÃO

O projeto desenvolvido permite concluir que a eficiência na gestão de ativos e a digitalização da manutenção dependem de um alinhamento consistente entre processos, estrutura organizacional, qualidade da informação e suporte tecnológico. O diagnóstico inicial revelou forte dependência de registos manuais e de ficheiros Excel complexos, com risco de erro e reduzida rastreabilidade, a que acresciam a ausência de gestão sistematizada de rotáveis e a fragmentação dos fluxos de custos.

A implementação faseada do CMMS IBM MAXIMO foi o elemento central de transformação: organizou ativos e localizações, normalizou os dados mestres e formalizou o ciclo de vida das ordens de trabalho. A integração dos módulos de inventário, compras, mão-de-obra e centros de custo, a par de fluxos normalizados, painéis de controlo e mecanismos de mobilidade, reforçou a consistência da informação e a governação da função. As intervenções na mão-de-obra externa e nos rotáveis foram

relevantes na contenção de custos e na rastreabilidade, e a definição de indicadores (MTTR, MTBF, cumprimento de planos, custo por ativo), desagregáveis por fábrica, área ou sistema, aproximou a gestão operacional dos objetivos estratégicos.

O estudo de caso múltiplo (entrevistas e questionários), em convergência com a triangulação entre os registos do sistema e o inquérito aos utilizadores, confirma que a digitalização da manutenção, suportada por CMMS, é uma realidade transversal e amplamente reconhecida no grupo. Contudo, os benefícios de eficiência operacional e de sustentabilidade não se distribuem uniformemente: concentram-se ao nível da gestão e permanecem pouco materializados no plano operacional. Esta clivagem decorre, em larga medida, da capacidade de absorção de cada nível organizacional, do horizonte funcional de observação e da assimetria de incentivos entre quem regista os dados e quem deles extrai valor analítico. A adoção de um CMMS é, por isso, condição necessária, mas não suficiente, para gerar benefícios consistentes e sustentados.

Conclui-se, assim, que a consolidação dos ganhos da digitalização depende de mecanismos que transformem dados em valor, do alinhamento dos incentivos com a qualidade do registo na origem e do reconhecimento de que a sustentabilidade orientada por dados permanece, em muitos contextos, um potencial por concretizar. Quando estes fatores estão presentes, o CMMS deixa de ser uma mera ferramenta de registo e afirma-se como infraestrutura crítica para a melhoria contínua, a retenção de conhecimento e o suporte à decisão.

7.1 Implicações para a gestão

Dos resultados decorrem três implicações práticas. Primeira, tornar visíveis e mensuráveis, ao nível operacional, os benefícios que hoje apenas a gestão perceciona, devolvendo ao terreno indicadores e resultados que motivem o uso efetivo do sistema. Segunda, alinhar os incentivos com a qualidade do registo, reconhecendo que medir os operadores apenas pelo fecho de ordens de trabalho pressiona o registo apressado; importa premiar a qualidade do dado, e não apenas a sua celeridade. Terceira, investir na capacidade de absorção realizada – estruturas dedicadas a converter dados em decisões, como o departamento de fiabilidade do caso alemão – e na retenção de conhecimento, mitigando a erosão de competências.

7.2 Limitações

As conclusões devem ser lidas à luz das limitações do estudo: a dimensão reduzida e desequilibrada da amostra qualitativa (gestão n=3; terreno n=5); a natureza transversal

e retrospectiva dos dados, que impede a observação direta de dinâmicas temporais; o desenho assimétrico entre geografias; e um potencial confundidor no contraste alemão, em que a diferença de formação académica pode sobrepor-se à diferença de nível hierárquico. Acresce que a camada de capacidade de absorção emergiu da análise e foi aplicada retrospectivamente, pelo que os instrumentos não foram, de origem, concebidos para a medir; do mesmo modo, a leitura em chave de ODS/ESG é interpretativa e não assenta em medição direta.

7.3 Trabalhos futuros

A investigação abre várias linhas de continuação. A mais relevante é um estudo longitudinal que acompanhe a implementação ao longo do tempo, testando diretamente a moderação temporal e a trajetória de shakedown. Em segundo lugar, o desenho de instrumentos orientados para medir a capacidade de absorção potencial e realizada por nível hierárquico. Em terceiro, o alargamento da recolha à unidade da África do Sul e aos níveis ainda não cobertos, testando a replicação dos padrões. Seria ainda pertinente quantificar o impacto da qualidade dos dados (GIGO) sobre a fiabilidade dos KPI de manutenção, articulando a abordagem qualitativa com a análise dos próprios dados do CMMS, e operacionalizar e validar o quadro de indicadores ambientais e de circularidade, avaliando a sua tradução em contributo mensurável para os ODS e em maior fiabilidade do relato ESG.

Em termos globais, a simples adoção de um CMMS não assegura ganhos de eficiência: estes só se concretizam quando o sistema é parametrizado segundo uma lógica de gestão integrada – dados mestres de qualidade, fluxos consistentes, controlo eficaz e indicadores adequados – e acompanhado pelo envolvimento efetivo das equipas de manutenção, produção, logística, compras e controlo de gestão.

Nestas condições, o CMMS afirma-se como uma infraestrutura crítica para a melhoria contínua, criando bases sólidas para a evolução futura em direção a modelos de Indústria 4.0 e 5.0 e a práticas de manutenção mais sustentáveis do ponto de vista económico, operacional e ambiental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aktef, Z., Cherrafi, A., Elfezazi, S., & Skalli, D. (2025). Exploring the transition from Maintenance 4.0 to Maintenance 5.0: A systematic literature review. In Proceedings [SpringerLink]. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-87309-6_16

Alsyouf, I. (2007). The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability. *International Journal of Production Economics*, 105(1), 70–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2004.06.057>

Barreto, T. C. (2019). Análise do software sigma como um computerized maintenance management system. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/54861>

Burak Gunay, H., Shen, W., & Newsham, G. (2019). Data analytics to improve building performance: A critical review. *Automation in Construction*, 97, 96–109. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.10.020>

Cardoso, R. M. C. (2020). Organização e Gestão da Manutenção [masterThesis, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra]. <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/36457>

Carvalho, R., Nascimento, R., D'Angelo, T., Delabrida, S., G. C. Bianchi, A., Oliveira, R. A. R., Azpúrua, H., & Uzeda Garcia, L. G. (2020). A UAV-Based Framework for Semi-Automated Thermographic Inspection of Belt Conveyors in the Mining Industry. *Sensors*, 20(8), Artigo 8. <https://doi.org/10.3390/s20082243>

Castro, M. (2014). Gestão da Manutenção na Competitividade das PME do Sector Industrial Transformador Português [masterThesis, Instituto Superior de Gestão]. <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/7305>

Durán, O. (2011). Computer-aided maintenance management systems selection based on a fuzzy AHP approach. *Advances in Engineering Software*, 42(10), 821–829. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2011.05.023>

Ferreira, P. J. P. (2018). Estratégias de um procedimento híbrido de manutenção aplicada a uma indústria de trefilaria [Dissertação de Mestrado, Instituto Superior de Engenharia de Coimbra]. <https://comum.rcaap.pt/handle/10400.26/25396>

Ferreira, S., Silva, F. J. G., Casais, R. B., Pereira, M. T., & Ferreira, L. P. (2019). KPI development and obsolescence management in industrial maintenance. *Procedia Manufacturing*, 29th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing (FAIM 2019), June 24-28, 2019, Limerick, Ireland, Beyond Industry 4.0:

Industrial Advances, Engineering Education and Intelligent Manufacturing, 38, 1427–1435. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.145>

Fridholm, V. (2018). IMPROVE MAINTENANCE EFFECTIVENESS AND EFFICIENCY BY USING HISTORICAL BREAKDOWN DATA FROM A CMMS: Exploring the possibilities for CBM in the Manufacturing Industry. <https://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:mdh:diva-39816>

Guimarães, L. (2021, outubro). Implementação de um Sistema de Gestão de Manutenção—ProQuest. <https://www.proquest.com/openview/aae54ec5a04a8b109d032fe86747f7e2/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

Gulati, R., & Smith, R. (2009). Maintenance and Reliability Best Practices. Industrial Press Inc.

Hofmann, E., & Rüsch, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. Computers in Industry, 89, 23–34. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2017.04.002>

Kans, M., & Campos, J. (2024). Digital capabilities driving industry 4.0 and 5.0 transformation: Insights from an interview study in the maintenance domain. Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity, 10(4), 100384. <https://doi.org/10.1016/j.joitmc.2024.100384>

Karki, B. R., & Porras, J. (2021). Digitalization for sustainable maintenance services: A systematic literature review. Digital Business, 1(2), 100011. <https://doi.org/10.1016/j.digbus.2021.100011>

Karki, B. R., Ylijoki, O., Basnet, S., & Porras, J. (2024). Sustainability perceptions towards digitalization of maintenance services – A survey. Sustainable Manufacturing and Service Economics, 3, 100021. <https://doi.org/10.1016/j.smse.2024.100021>

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. <https://doi.org/10.1108/13552510410553244>

Oliveira, F. (2022, fevereiro). Melhoria das Práticas de Gestão da Manutenção e Implementação de um Software CMMS Numa Empresa do Setor Têxtil—ProQuest. <https://www.proquest.com/openview/30038c6d96ca13c98559e9ddd3d5aeca/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>

Rastegari, A., & Mobin, M. (2016). Maintenance decision making, supported by computerized maintenance management system. 2016 Annual Reliability and

Maintainability Symposium (RAMS), 1–8.
<https://doi.org/10.1109/RAMS.2016.7448086>

Robatto Simard, S., Gamache, M., & Doyon-Poulin, P. (2024). Development and Usability Evaluation of VulcanH, a CMMS Prototype for Preventive and Predictive Maintenance of Mobile Mining Equipment. *Mining*, 4(2), 326–351. <https://doi.org/10.3390/mining4020019>

Taylor, F. W. (2004). *Scientific Management*. Routledge.

ul Hassan, I., Panduru, K., & Walsh, J. (2025). Predictive Maintenance in Industry 4.0: A Review of Data Processing Methods. *Procedia Computer Science*, The 16th International Conference on Ambient Systems, Networks and Technologies Networks (ANT)/ the 8th International Conference on Emerging Data and Industry 4.0 (EDI40), 257, 896–903. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.03.115>

Varalakshmi, K., & Kumar, J. (2025). Optimized predictive maintenance for streaming data in industrial IoT networks using deep reinforcement learning and ensemble techniques. *Scientific Reports*, 15(1), 27201. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-10268-8>

Wienker, M., Henderson, K., & Volkerts, J. (2016). The Computerized Maintenance Management System an Essential Tool for World Class Maintenance. *Procedia Engineering*, SYMPHOS 2015 - 3rd International Symposium on Innovation and Technology in the Phosphate Industry, 138, 413–420. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.02.100>

Zhang, C., Wang, Z., Zhou, G., Chang, F., Ma, D., Jing, Y., Cheng, W., Ding, K., & Zhao, D. (2023). Towards new-generation human-centric smart manufacturing in Industry 5.0: A systematic review. *Advanced Engineering Informatics*, 57, 102121. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102121>

Strategic Asset Management Inc. (n.d.). The SAMI Pyramid. Retrieved November 17, 2023, from <https://www.samicorp.com/the-sami-pyramid>

Ben-Daya, M., Duffuaa, S. O., Raouf, A., Knezevic, J., & Ait-Kadi, D. (Eds.). (2009). *Handbook of maintenance management and engineering* (Vol. 7). London: Springer London

Pintelon and F. Van Puyvelde, "Maintenance performance reporting systems: some experiences," *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, vol. 3, no. 1, pp. 4-15, 1997.

Gulati, R. e Smith, R. (2009). Maintenance and Reliability Best Practices. New York, USA: Industrial Press Inc.

<https://ods.pt/bcsd-portugal/> Business Council for Sustainable Development (BCSD) Portugal

ManWinWin. (2025). Principais estratégias para uma manutenção sustentável. [https://www.manwinwin.com/pt/manutencao-e-sustentabilidade/Cruz&Bras_ 1º edição](https://www.manwinwin.com/pt/manutencao-e-sustentabilidade/Cruz&Bras_1º%20edição). Maio 2024

Burton-Jones, A., & Grange, C. (2013). From use to effective use: A representation theory perspective. *Information Systems Research*, 24(3), 632–658

Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152.

European Union (2022). Directive (EU) 2022/2464 of 14 December 2022 – Corporate Sustainability Reporting Directive (CSRD). Official Journal of the European Union.

Fichman, R. G., & Kemerer, C. F. (1997). The assimilation of software process innovations: An organizational learning perspective. *Management Science*, 43(10), 1345–1363.

ISO (2014). ISO 55000: Asset management – Overview, principles and terminology.

ISO (2015). ISO 14001: Environmental management systems – Requirements with guidance for use.

ISO (2016). ISO 14224: Petroleum, petrochemical and natural gas industries – Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment

Lapointe, L., & Rivard, S. (2005). A multilevel model of resistance to information technology implementation. *MIS Quarterly*, 29(3), 461–491.

Markus, M. L. (1983). Power, politics, and MIS implementation. *Communications of the ACM*, 26(6), 430–444.

Markus, M. L., & Tanis, C. (2000). The enterprise system experience – from adoption to success. In R. W. Zmud (Ed.), *Framing the domains of IT management*. Pinnaflex.

NP EN 15341:2019. Manutenção – Indicadores de desempenho da manutenção (KPI). Instituto Português da Qualidade.

Wang, R. Y., & Strong, D. M. (1996). Beyond accuracy: What data quality means to data consumers. *Journal of Management Information Systems*, 12(4), 5–33.

Yin, R. K. (2018). *Case Study Research and Applications: Design and Methods* (6th ed.). SAGE.

Zahra, S. A., & George, G. (2002). Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension. *Academy of Management Review*, 27(2), 185–203.

Sharma, A., Silva, B., & Gomez, C. (2019). Assessment and review of maintenance practices in the 4th industrial revolution using the cognitive analytics framework. *Journal of Maintenance Engineering*, 12(3), 145–162.
<https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:139001491>

United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development* (A/RES/70/1). United Nations.
https://www.un.org/en/development/desa/population/migration/generalassembly/docs/globalcompact/A_RES_70_1_E.pdf

Teece, D. J., Pisano, G., & Shuen, A. (1997). Dynamic capabilities and strategic management. *Strategic Management Journal*, 18(7), 509–533.

ANEXOS

ANEXO A

Designações e conceitos

- **Manutenção:**

Combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um ativo, destinadas a mantê-los ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida.

- **Manutenibilidade:**

Aptidão de um ativo, sob condições de utilização definidas, para ser mantido ou restaurado, de tal modo que possa cumprir uma função requerida, quando a manutenção é realizada em condições definidas, utilizando procedimentos e recursos prescritos.

- **Fiabilidade:**

Aptidão de um ativo para cumprir uma função requerida sob determinadas condições, durante um dado intervalo de tempo.

- **Avaria:**

Motivo para um ativo não cumprir a função requerida. Depois da avaria o ativo poderá estar em falha, total ou parcial. “Avaria” é um acontecimento. Um bem pode encontrar-se “em falha” ou “avariado”, designando-se com isso o seu estado. Considera-se que um bem se encontra “em falha” quando está inapto para cumprir uma função requerida, excluindo a inaptidão devida à manutenção preventiva ou outras ações programadas, ou devida à falta de recursos externos.

Um ativo encontra-se em “estado de disponibilidade” quando se considera que pode cumprir uma função requerida, assumindo que o fornecimento de recursos externos, eventualmente necessários, está assegurado.

O ativo encontra-se em “estado degradado” quando continua a cumprir uma função requerida com desempenho aceitável, mas inferior aos valores especificados da referida função. O “estado de indisponibilidade” de um ativo é caracterizado por um estado de falha ou por uma eventual incapacidade para desempenhar uma função requerida durante a manutenção preventiva. Este estado está relacionado com a noção de disponibilidade. O “estado de incapacidade” é caracterizado pela inaptidão do bem para cumprir uma função requerida, seja qual for a razão.

- Degradação:

Evolução irreversível de uma ou mais características de um ativo relacionado com a passagem do tempo, a duração de utilização ou uma causa externa.

ANEXO B

Procedimento de Rotáveis



PROCEDIMENTO ROTÁVEIS

PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS-MAXIMO
Como Fazer?

O que é um artigo rotável?

- Um ativo que possa ser reparado, (Ex. Motores, Redutores, Bombas centrífugas, Turbinas, Ventiladores, ...);

Quando se pretende substituir um ativo que é rótavel, o que fazer?

- Siga os próximos passos;



2

PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS-MAXIMO
Como Fazer?

É necessário haver uma ordem de trabalho.



Planeador/Técnico

3

PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS-MAXIMO

Como Fazer?

Fazer reserva do novo ativo? Como fazer?

2 Técnico
Colocar o número do Ativo que vai para a linha (EX.1001335)

5 Técnico
Criar reserva

Técnico
Colocar local de equipamento substituído

1 Técnico
Colocar o Nº ordem de trabalho

3 Técnico
Colocar o número do item de armazém (EX.4110050486)

4 Técnico
Nome do requisitante

6 Técnico
Entregar folha ao fiel de armazém

REQUISIÇÃO DE ROTÁVEL			
CÓDIGO			
CÓDIGO QR/NºATIVO Ativo que vai para produção 100 (Técnico)	CÓDIGO DE ARMAZÉM (SAP) código de armazém do ativo que vai para produção 411 (Técnico)		
Nº RESERVA (Técnico)	OBSERVAÇÕES	REQUISITANTE	
ATIVO SUBSTITUÍDO: Ativo (avaliado) sai da produção		REPARAÇÃO Externa Interna Abate	

SONRE ARAUCO

Técnico>Fiel de armazém

PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS-MAXIMO

Como Fazer?

Fiel de armazém
Fiel de armazém entrega folha de requisição de rotável a equipa de planeamento para verificar todos os pontos do processo rotável

REQUISIÇÃO DE ROTÁVEL			
CÓDIGO			
CÓDIGO QR/NºATIVO Ativo que vai para produção 100 (Técnico)	CÓDIGO DE ARMAZÉM (SAP) código de armazém do ativo que vai para produção 411 (Técnico)		
Nº RESERVA (Técnico)	OBSERVAÇÕES	REQUISITANTE	
ATIVO SUBSTITUÍDO: Ativo (avaliado) sai da produção		REPARAÇÃO Externa Interna Abate	

SONRE ARAUCO

Fiel de armazém>Planeamento

PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS-MAXIMO

Como Fazer?

Planeador
Equipa de planeamento depois de validar os pontos todos faz a reserva (se necessário) e entrega ao fiel de armazém.

Fiel de armazém
Dá baixa em SAP e entrega a folha à equipa de planeamento.

REQUISIÇÃO DE ROTÁVEL			
CÓDIGO			
CÓDIGO QR/NºATIVO Ativo que vai para produção 100 (Técnico)	CÓDIGO DE ARMAZÉM (SAP) código de armazém do ativo que vai para produção 411 (Técnico)		
Nº RESERVA (Técnico)	OBSERVAÇÕES	REQUISITANTE	
ATIVO SUBSTITUÍDO: Ativo (avaliado) sai da produção		REPARAÇÃO Externa Interna Abate	

SONRE ARAUCO

Planeamento>Fiel de armazém>Planeamento



REPARAÇÃO DE ATIVO QUE SAI DA LINHA

Como fazer.

7

PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS-MAXIMO

Como Fazer?

Planeador

- 1 Colocar o nº do Ativo que está em armazém e vai para a linha
- 2 Colocar "sim" caso seja uma troca de um ativo por outro
- 3 Escolher o local onde vai ser reparado
- 4 Escolher o armazém onde será armazenado no futuro
- 5 Colocar "SCRAP" para local de abate

6 Fazer click para iniciar o fluxo

7 Fazer click para continuar fluxo

PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS-MAXIMO

Como Fazer?

Solicitar requisição de compra para poder proceder a requisição externa

Compras

Dar Nº da OT

PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS-MAXIMO

Como Fazer?



Planeador

Planeador certifica-se de contactar o fornecedor para levar o ativo para reparação



SONAE
ARRAUÇO

Fornecedor

10

PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS-MAXIMO

Como Fazer?



Fornecedor entrega ao fiel de armazém o rotavel que foi reparado no exterior

Fornecedor



Fiel de armazém entrega ao planeamento, e fica a espera de ordem para arrumar e localizar em SAP

Fiel de armazém



Planeador na OT de reparação, conclui trabalho e entrega document de guia de remessa ao responsável pelas compras. (ver passo seguinte)

Planeador

SONAE
ARRAUÇO

Fornecedor>Fiel de armazém>planeamento

11

PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS-MAXIMO

Como Fazer?



Planeador

2 Fazer click para seguir o fluxo

1

Automaticamente foi gerada um Ot para a reparação/abate do ativo substituído.

Planeador

3

Escolher o local para onde o ativo substituído vai

Planeador

SONAE
ARRAUÇO

Planeador

12

PROCEDIMENTO DE ROTAVEIS-MAXIMO

Como Fazer?



Planeador entrega folha ao responsavel pelas compras

Planeador

Faz receção em SAP do serviço e da seguimento para o fiel de armazém

Compras

Arruma e localiza em SAP

Fiel de armazém

SONAE
ARRAUÇO

Planeamento>Compras(RIC)

13

ANEXO C

Questionário “Análise de eficiência na gestão de ativos aplicado num caso de estudo”

Questionário Académico “Análise de eficiência na gestão de ativos aplicado num caso de estudo”

Avaliação do Sistema IBM MAXIMO na Gestão da Manutenção

Instruções ao Respondente

O presente questionário tem como objetivo avaliar a perceção dos utilizadores relativamente ao desempenho e eficácia do sistema IBM MAXIMO na gestão da manutenção.

As respostas são anónimas e destinam-se exclusivamente a fins académicos.

Para as questões 3 a 11, utilize a seguinte escala:

- 1 – Discordo totalmente
- 2 – Discordo
- 3 – Nem concordo nem discordo
- 4 – Concordo
- 5 – Concordo totalmente

I. Caracterização do Respondente

1. Função desempenhada na organização:

- ☐ Técnico de manutenção
- ☐ Planeador
- ☐ Supervisor
- ☐ Gestor de manutenção
- ☐ Outro: _____

2. Tempo de utilização do sistema IBM Maximo:

- ☐ < 6 meses
- ☐ 6 meses – 1 ano
- ☐ 1 – 3 anos
- ☐ > 3 anos

II. Usabilidade do Sistema

3. O sistema IBM Maximo é intuitivo na execução das tarefas diárias.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

4. A interface do sistema facilita a criação e o fecho de ordens de trabalho.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

III. Planeamento e Manutenção Preventiva

5. O módulo de planeamento permite uma programação eficiente das ordens de trabalho.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

6. O sistema apoia adequadamente a gestão da manutenção preventiva.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

IV. Funcionalidades e Gestão Operacional

7. O sistema permite uma gestão eficaz dos ativos.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

8. O sistema apoia adequadamente a gestão de materiais e stocks.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

9. Os relatórios e indicadores (KPIs) disponíveis são adequados às necessidades da gestão da manutenção.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

V. Desempenho e Suporte

10. O desempenho do sistema (rapidez e estabilidade) é satisfatório.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

11. O suporte técnico e/ou apoio interno ao sistema é eficaz.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

VI. Avaliação Global

12. De forma global, o sistema IBM Maximo contribui positivamente para a eficiência da gestão da manutenção na organização.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐

ANEXO D

Entrevistas

GUIÃO DE ENTREVISTA

Fábrica de Portugal - Técnicos e Operacionais de Manutenção
Portugal, J. Técnicos · Planeadores · Supervisores de Turno

Maintenance Management, CMMS & Sustainable Competitiveness

1. DADOS SOBRE O ENTREVISTADO

Data e local: _____
Função / Cargo: _____
Área / Especialidade: _____
Anos na empresa: _____ Anos na função: _____
Formação Académica: _____ Área(s) de Estudo(s): _____
Utiliza o IBM Maximo regularmente? ☒ Diariamente ☐ Semanalmente ☐ Ocasionalmente

2. BLOCO A - O CMMS NO DIA A DIA [P1a · P1b · P1c]

Q1. Como descreve a sua experiência diária com o IBM Maximo? Que tarefas realiza no sistema? O que mudou face ao que existia antes?
☒ Usa o sistema a partir de dispositivos móveis no terreno? Isso facilita ou dificulta o trabalho?
☒ O Maximo tornou o seu trabalho mais eficaz ou mais burocrático, na prática?
[P1a · P1b]

Q2. Quando vai fazer uma intervenção, que informação consegue obter no Maximo - histórico do equipamento, procedimentos, materiais disponíveis, instruções de segurança?
☒ Essa informação é suficiente e está atualizada? O que falta habitualmente?
☒ A existência de procedimentos e requisitos de segurança no sistema influencia a forma como trabalha?
[P1b · P1c]

3. BLOCO B - PLANEAMENTO, EFICÁCIA E DIGITALIZAÇÃO [P2 · P3 · P7]

Q3. Como é planeada e executada a manutenção preventiva na sua área? O Maximo gera automaticamente as ordens de trabalho? As instruções e listas de materiais estão disponíveis?
☒ Qual a percentagem de trabalhos que são planeados antecipadamente vs. ~~ocorrendo~~ não planeados?
☒ O planeamento melhorou desde a implementação do Maximo? Com que impacto visível na disponibilidade dos equipamentos?
[P3 · P7]

Q4. Como é tratada uma avaria desde a deteção até ao fecho da ordem de trabalho? O Maximo apoia esse processo? Que informação regista e que informação fica por registar?
☒ O registo de causa raiz e feedback técnico é feito de forma sistemática? Ou é frequentemente omitido?
☒ O histórico de avarias disponível no sistema é útil para as suas decisões?
[P1b · P7]

Q5. Que indicadores ou dados de desempenho chegam até si regularmente? São úteis para o seu trabalho? Ou são apenas para a gestão?
☒ Existem dados digitais que tomaram possíveis decisões que antes eram feitas apenas por intuição ou experiência?
[P3 · P7]

4. BLOCO C - SUSTENTABILIDADE NO TERRENO [P4 · P5]

Q6. Como as questões de segurança, ambiente e sustentabilidade estão integradas nas suas rotinas diárias de manutenção?
☒ As ordens de trabalho do Maximo incluem requisitos de segurança e ambientais? São úteis ou são mais burocracia?
☒ Sente que uma manutenção mais preventiva tem impacto visível na segurança ou no consumo de energia na sua área?
[P4 · P5]

5. BLOCO D - BARREIRAS E EFICIÊNCIA DIGITAL [P2 · P3 · P8]

Q7. Quais são as principais dificuldades que encontra no uso diário do IBM Maximo?
☒ Dificuldades de interface, acesso, velocidade, idioma, qualidade dos dados, falta de formação?
☒ Essas dificuldades têm impacto na qualidade do registo das intervenções ou na rapidez de resposta?
[P2 · P8]

Q8. Como é gerida a decisão entre reparar um componente internamente, subcontratar ou substituir? O Maximo fornece informação suficiente para apoiar essa decisão?
☒ A gestão de sobressalentes e materiais funciona de forma integrada com o armazém? Existem rupturas de stock frequentes de materiais críticos?
[P7 · P8]

6. BLOCO E - SÍNTESE E REFLEXÃO FINAL

Q9. O que mudaria no IBM Maximo ou nos processos de manutenção para facilitar e melhorar o seu trabalho diário?
☒ Que funcionalidades faltam ou precisavam de ser melhoradas?
☒ Que formação adicional seria útil?
[P1a · P3]

Q10. Qual foi, na sua perspectiva, a maior mudança concreta na manutenção desde a implementação do IBM Maximo - o que melhorou e o que ficou igual ou piorou?
[Geral]

GUIÃO DE ENTREVISTA

Fábrica de Portugal - Gestão de Topo e Gestão Intermédia
Portugal, J. Diretores · Responsáveis de Manutenção · Engenharia

Maintenance Management, CMMS & Sustainable Competitiveness

1. DADOS SOBRE O ENTREVISTADO

Data e local: _____
Função / Cargo: _____
Nível: ☐ Gestão de Topo / ☒ Director ☐ Gestão Intermédia / Responsável
Departamento / Área: _____
Anos na empresa: _____ Anos na função: _____
Formação Académica: _____ Área(s) de Estudo(s): _____

2. BLOCO A - ADOÇÃO DE CMMS [P1a · P1b · P1c]

- Q1. Como descreve o processo de **adoção** e implementação do **IBM Maximo** nesta fábrica? Quais foram as principais fases, os principais desafios e as decisões-chave?
↳ A decisão foi corporativa ou resultou de necessidades identificadas localmente? Com que implicações para a implementação?
↳ Que resistências surgiram e como foram ultrapassadas?
(P1a · P1b · P1c)
- Q2. Em que medida a **adoção** do **Maximo** desenvolveu capacidades digitais, melhorou a eficácia da manutenção e apoiou a sustentabilidade? Qual das três dimensões apresenta evidência mais clara?
↳ A **adoção** do sistema foi suficiente por si só, ou foram necessárias mudanças organizacionais paralelas?
↳ Onde é que o sistema ainda não cumpriu as expectativas iniciais?
(P1a · P1b · P1c)
- Q3. Como avalia o impacto **directo** do **Maximo** na eficácia da gestão da manutenção - planeamento, execução, controlo e melhoria contínua?
↳ Consegue identificar melhorias mensuráveis em MTBF, MTTR, taxa de cumprimento do plano preventivo ou **backlog**?
(P1b)
- Q4. De que forma a **adoção** do **Maximo** influenciou as práticas de sustentabilidade - segurança, ambiente, eficiência energética, conformidade ESG?
↳ O **Maximo** é usado para registar ou monitorizar indicadores ambientais? A rastreabilidade facilitou o cumprimento de requisitos de reporte ESG?
(P1c)

3. BLOCO B - EFICÁCIA vs. DIGITALIZAÇÃO [P2 · P3]

- Q5. Como a melhoria da eficácia da manutenção criou exigências que impulsionaram a **adoção** de novas ferramentas digitais?
↳ Pode dar um exemplo concreto em que a **percepção** de uma lacuna operacional levou à **adoção** de uma nova funcionalidade digital?
(P2)
- Q6. Como as capacidades digitais - **Maximo, dashboards**, integração SAP, mobilidade - melhoraram a qualidade das decisões de manutenção?
↳ Que decisões são hoje melhores ou mais rápidas graças aos dados digitais? Onde é que as lacunas digitais ainda condicionam a eficácia?
(P3)
- Q7. Como descreve a relação entre eficácia e digitalização nesta fábrica - existe um ciclo de reforço mútuo, ou uma dimensão claramente lidera?
↳ Este ciclo é deliberado (estratégia) ou emergente (resposta a necessidades sentidas)?
(P2 · P3)

4. BLOCO C - EFICÁCIA vs. SUSTENTABILIDADE [P4 · P5]

- Q8. Como as exigências de sustentabilidade - ESG, segurança, eficiência energética, conformidade regulatória - influenciam as práticas e decisões de manutenção?
↳ A integração de critérios de sustentabilidade nos planos de manutenção melhorou a qualidade técnica das intervenções?
↳ Pode dar um exemplo em que uma exigência ambiental ou de segurança levou a uma melhoria na gestão da manutenção?
(P4)
- Q9. Como uma manutenção mais eficaz - menos corretiva, mais preventiva/preditiva - se traduz em melhores resultados de sustentabilidade?
↳ A redução de avarias não planeadas tem impacto mensurável em consumos energéticos, resíduos ou segurança?
(P5)

5. BLOCO D - DIGITALIZAÇÃO vs. SUSTENTABILIDADE [P6]

- Q10. De que forma as capacidades digitais - **Maximo, WCC analytics** - apoiam **directamente** os **objectivos** de sustentabilidade da função manutenção?
↳ O CMMS é utilizado para monitorizar consumos energéticos, gerir resíduos ou apoiar o reporte ESG?
↳ Em que medida os requisitos de reporte ESG e as obrigações regulatórias (CSRD, ISO 14001) aceleraram o desenvolvimento de capacidades digitais?
(P6)

6. BLOCO E - EFICIÊNCIA OPERACIONAL [P7 · P8]

- Q11. Como avalia o impacto da eficácia da manutenção na eficiência operacional desta fábrica - disponibilidade, OEE, custo por unidade, paragens não planeadas?
↳ Existem métricas que relacionem **directamente** o desempenho da manutenção com os resultados operacionais?
↳ A evolução para manutenção preventiva/preditiva teve impacto mensurável na produtividade global?
(P7)
- Q12. As capacidades digitais - **dashboards** em tempo real, integração **Maximo**-SAP, mobilidade - contribuem **directamente** para a eficiência operacional, para além da eficácia da manutenção?
↳ Consegue identificar ganhos de eficiência que resultam especificamente das ferramentas digitais, independentemente das melhorias de práticas?
(P8)
- Q13. Como é gerida a gestão de custos de manutenção (materiais, mão de obra externa, subcontratação, rotáveis) e que papel têm o **Maximo** e o SAP S/4HANA?
↳ O fluxo **Maximo** → SAP → ARIBA funciona eficientemente? Que estrangulamentos persistem?
↳ A visibilidade dos custos melhorou com a implementação digital? Com que impacto na tomada de decisão?
(P7 · P8)

7. BLOCO F - COMPETITIVIDADE SUSTENTÁVEL [P9a · P9b · P10a · P10b]

- Q14. Como a eficiência operacional se traduz em vantagem competitiva para esta fábrica no sector de transformação da madeira?
↳ A manutenção é reconhecida como **factor** de diferenciação competitiva ou apenas como centro de custo?
(P9a)
- Q15. Como os resultados de eficiência operacional desta fábrica contribuem para o desempenho e reputação do grupo?
↳ Existe **benchmarking** entre fábricas do grupo? Que **KPIs** são comparados e com que frequência?
(P9b)
- Q16. De que forma as práticas de sustentabilidade na manutenção - ESG, economia circular, eficiência energética - contribuem para a competitividade desta unidade?
↳ A gestão de rotáveis e a extensão da vida útil dos equipamentos geram vantagem competitiva local mensurável?
(P10a)
- Q17. Como a sustentabilidade na manutenção desta fábrica contribui para a competitividade e reputação do grupo nos mercados internacionais?
↳ O reporte ESG do grupo inclui dados da função manutenção? A conformidade com a CSRD é um **factor** competitivo?
(P10b)

8. BLOCO G - SÍNTESE E REFLEXÃO FINAL

- Q18. Se identificasse os dois ou três **factores** que mais determinam a maturidade da manutenção nesta fábrica, quais seriam?
↳ Esses **factores** são internos, corporativos ou do contexto externo (mercado, regulação)?
(Geral)
- Q19. Qual é o próximo passo crítico para elevar a maturidade e competitividade da manutenção nesta unidade?
(Geral)
- Q20. Há algum **aspecto** relevante que não foi abordado e que queira partilhar?
(Geral)

RESEARCH QUESTIONNAIRE

Questionnaire Instrument - Germany Factory
Germany

Maintenance Management, CMMS & Sustainable Competitiveness

1. RESPONDENT'S CHARACTERIZATION DATA

Factory / Site: Germany

Job title / Role: _____

Level: ☐ Middle Management / Factory ☐ Technical / Operational

Years at company: _____ Years in current role: _____

Academic Training: _____ Field(s) of Study(ies): _____

2. MATURITY LEVEL ASSESSMENT

For each statement, indicate the level that best describes the current situation at this factory:

1 = Does not exist, 2 = Initiated / basic | 3 = Satisfactory | 4 = Good / advanced

#	Statement	1 Does not exist	2 Initiated / basic	3 Satisfactory	4 Good / advanced
1	Maintenance work is formally recorded as work orders in IBM Maximo.	☐	☐	☐	☐
2	A preventive maintenance plan is implemented and regularly updated in the CMMS.	☐	☐	☐	☐
3	Maintenance KPIs (MTBF, MTTR, availability, OEE) are automatically calculated and reviewed in periodic meetings.	☐	☐	☐	☐
4	Documented procedures exist for the main maintenance interventions.	☐	☐	☐	☐
5	Maintenance cost management (materials, labour, subcontracting) is based on CMMS/SAP data.	☐	☐	☐	☐
6	Maintenance uses equipment condition data (sensors, IoT) to plan predictive interventions.	☐	☐	☐	☐
7	Sustainability indicators (energy consumption, waste, emissions) are integrated into maintenance activities.	☐	☐	☐	☐
8	Maintenance data and KPIs are shared and benchmarked across the group's factories.	☐	☐	☐	☐
9	Maintenance management at this factory is recognised as a source of competitive advantage.	☐	☐	☐	☐
10	A local maintenance strategy exists that is aligned with the group's corporate objectives.	☐	☐	☐	☐
11	ESG practices are formally integrated into maintenance plans and procedures.	☐	☐	☐	☐
12	IBM Maximo is used to support strategic maintenance decisions, not only operational ones.	☐	☐	☐	☐

3. MODEL PROPOSITION ASSESSMENT

Indicate your level of agreement with each statement as it applies to your factory:

Prop.	Statement	1 Strongly disagree	2 Disagree	3 Neutral	4 Agree	5 Strongly agree
P1a	I he adoption of IBM Maximo contributed to developing digitalisation capabilities in the maintenance function at this factory.	☐	☐	☐	☐	☐
P1b	I he adoption of IBM Maximo contributed to improving the effectiveness of maintenance management at this factory.	☐	☐	☐	☐	☐
P1c	I he adoption of IBM Maximo contributed to improving sustainability practices in the maintenance function at this factory.	☐	☐	☐	☐	☐
P2	Improvements in maintenance effectiveness created demands that drove the development of new digital capabilities.	☐	☐	☐	☐	☐
P3	I he development of digital capabilities (Maximo, IoT, dashboards) improved the effectiveness of maintenance management.	☐	☐	☐	☐	☐
P4	Sustainability demands (EHS, safety, equipment) have positively influenced maintenance practices.	☐	☐	☐	☐	☐
P5	Improved maintenance effectiveness contributed to better sustainability outcomes (fewer breakdowns, less waste, improved safety).	☐	☐	☐	☐	☐
P6	I he development of digital capabilities supported the achievement of sustainability objectives.	☐	☐	☐	☐	☐
P7	I he effectiveness of maintenance management positively contributed to the operational efficiency of this factory.	☐	☐	☐	☐	☐
P8	Digital maintenance capabilities contributed directly to operational efficiency, beyond effectiveness improvements alone.	☐	☐	☐	☐	☐
P9a	I he operational efficiency resulting from maintenance contributes to the competitiveness of this factory unit in its market.	☐	☐	☐	☐	☐
P9b	I he operational efficiency resulting from maintenance contributes to the sustainable competitiveness of Firm-X Group.	☐	☐	☐	☐	☐
P10a	Maintenance sustainability practices directly contribute to the competitiveness of this factory unit.	☐	☐	☐	☐	☐
P10b	Maintenance sustainability practices directly contribute to the competitiveness and reputation of Firm-X Group.	☐	☐	☐	☐	☐

4. OPEN QUESTIONS

4.1. What concrete and measurable impact has the adoption of IBM Maximo had on the three dimensions - digital capabilities, maintenance effectiveness, and sustainability - at this factory?
[P1a · P1b · P1c]

4.2. Which maintenance performance indicators (KPIs) are regularly monitored? How are they generated and used in decisions? To what extent do they result from digitalisation?
[P2 · P3 · P7 · P8]

4.3. How do German regulatory requirements (environment, safety) and the group's ESG objectives concretely influence maintenance practices at this factory?
[P4 · P5 · P6 · P10a]

4.4. How are this factory's operational efficiency and maintenance sustainability recognised and valued at group level? Is there internal benchmarking between factories?
[P9a · P10b]

[If not applicable, indicate 'N/A'.

4.5. What factor has the greatest impact on the development of maintenance maturity at this factory, and what change would produce the greatest competitive benefit?
[General]

5. IMPROVEMENT PRIORITIES

Rank the items below by priority for maintenance management at this factory (1 = highest priority):

Rank	Item (1 = highest priority — 5 = lowest priority)
_____	Improving the effectiveness of maintenance planning and control [P1b · P7]
_____	Developing digital capabilities (CMMS, IoT, dashboards) [P1a · P3 · P8]
_____	Integrating sustainability and ESG practices into maintenance [P1c · P4 · P10a]
_____	Strengthening benchmarking and best-practice sharing with the group [P9b · P10b]
_____	Evolving from preventive to predictive/condition-based maintenance [P2 · P3 · P8]

Thank you very much for your participation

Your responses will be treated in full confidence and used exclusively for academic purposes.

Matriz Proposição vs. Valência / país: Portugal	V1_Confirma	V2_Refuta	V3_Ambígua_Mista
1 : P10a_SustentabilidadeManut-Competitividade-Fabril_Reputacao	1	0	0
2 : P10b_SustentabilidadeManut-Competitividade-Corp_Reputacao	1	1	0
3 : P13_Mecanismo-Assimetria_incentivos	6	1	1
4 : P1a_AdoçãoCMMS-Digitalização	10	0	0
5 : P1b_AdoçãoCMMS-Eficácia	8	0	2
6 : P1c_AdoçãoCMMS-Sustentabilidade	2	0	0
7 : P2_EficáciaManut-Digitalização	2	0	0
8 : P3_Digitalização-EficáciaManut	9	0	0
9 : P4_SustentabilidadeManut-EficáciaManut	5	1	0
10 : P5_EficáciaManut-SustentabilidadeManut	3	1	0
11 : P6_Digitalização-SustentabilidadeManut	0	0	1
12 : P7_EficáciaManut-EficiênciaOperacional	2	0	0
13 : P8_DigitalizaçãoCapacs-EficiênciaOperacional	4	4	1
14 : P9a_EficiênciaOperacional-Competitividade-Fabril	2	0	0
15 : P9b_EficiênciaOperacional-Competitividade-Corp	3	0	0

Matriz Proposição vs. Valência / país: Alemanha	V1_Confirma	V2_Refuta	V3_Ambígua_Mista
1 : P10a_SustentabilidadeManut-Competitividade-Fabril_Reputacao	0	0	0
2 : P10b_SustentabilidadeManut-Competitividade-Corp_Reputacao	0	0	0
3 : P13_Mecanismo-Assimetria_incentivos	0	0	0
4 : P1a_AdoçãoCMMS-Digitalização	2	0	0
5 : P1b_AdoçãoCMMS-Eficácia	1	0	0
6 : P1c_AdoçãoCMMS-Sustentabilidade	0	0	0
7 : P2_EficáciaManut-Digitalização	0	0	0
8 : P3_Digitalização-EficáciaManut	0	0	1
9 : P4_SustentabilidadeManut-EficáciaManut	0	0	0
10 : P5_EficáciaManut-SustentabilidadeManut	0	0	0
11 : P6_Digitalização-SustentabilidadeManut	0	0	0
12 : P7_EficáciaManut-EficiênciaOperacional	0	0	0
13 : P8_DigitalizaçãoCapacs-EficiênciaOperacional	1	0	0
14 : P9a_EficiênciaOperacional-Competitividade-Fabril	0	0	0
15 : P9b_EficiênciaOperacional-Competitividade-Corp	1	0	0

Matriz Proposição vs. Valência / função: Gestão Inermédia	V1_Confirma	V2_Refuta	V3_Ambígua_Mista
1 : P10a_SustentabilidadeManut-Competitividade-Fabril_Reputacao	1	0	0
2 : P10b_SustentabilidadeManut-Competitividade-Corp_Reputacao	1	1	0
3 : P13_Mecanismo-Assimetria_incentivos	0	0	0
4 : P1a_AdoçãoCMMS-Digitalização	3	0	0
5 : P1b_AdoçãoCMMS-Eficácia	5	0	0
6 : P1c_AdoçãoCMMS-Sustentabilidade	2	0	0
7 : P2_EficáciaManut-Digitalização	2	0	0
8 : P3_Digitalização-EficáciaManut	5	0	0
9 : P4_SustentabilidadeManut-EficáciaManut	1	1	0
10 : P5_EficáciaManut-SustentabilidadeManut	3	1	0
11 : P6_Digitalização-SustentabilidadeManut	0	0	1
12 : P7_EficáciaManut-EficiênciaOperacional	2	0	0
13 : P8_DigitalizaçãoCapacs-EficiênciaOperacional	4	1	0
14 : P9a_EficiênciaOperacional-Competitividade-Fabril	2	0	0
15 : P9b_EficiênciaOperacional-Competitividade-Corp	4	0	0

Matriz Proposição vs. Valência / função: Operacional	V1_Confirma	V2_Refuta	V3_Ambígua_Mista
1 : P10a_SustentabilidadeManut-Competitividade-Fabril_Reputacao	0	0	0
2 : P10b_SustentabilidadeManut-Competitividade-Corp_Reputacao	0	0	0
3 : P13_Mecanismo-Assimetria_incentivos	6	1	1
4 : P1a_AdoçãoCMMS-Digitalização	9	0	0
5 : P1b_AdoçãoCMMS-Eficácia	4	0	2
6 : P1c_AdoçãoCMMS-Sustentabilidade	0	0	0
7 : P2_EficáciaManut-Digitalização	0	0	0
8 : P3_Digitalização-EficáciaManut	4	0	1
9 : P4_SustentabilidadeManut-EficáciaManut	4	0	0
10 : P5_EficáciaManut-SustentabilidadeManut	0	0	0
11 : P6_Digitalização-SustentabilidadeManut	0	0	0
12 : P7_EficáciaManut-EficiênciaOperacional	0	0	0
13 : P8_DigitalizaçãoCapacs-EficiênciaOperacional	1	3	1
14 : P9a_EficiênciaOperacional-Competitividade-Fabril	0	0	0
15 : P9b_EficiênciaOperacional-Competitividade-Corp	0	0	0