



ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA INDUSTRIAL

LUÍS MIGUEL BALDAIA MOREIRA

novembro de 2021

ANÁLISE E MELHORIA DO PROCESSO DE MANUTENÇÃO DE UMA EMPRESA INDUSTRIAL

Luís Miguel Baldaia Moreira
Outubro 2021

Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Automação e Sistemas

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de
Tese/Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores

Candidato: Luís Miguel Baldaia Moreira, Nº 1050777, 1050777@isep.ipp.pt

Orientação científica: Professor Doutor Luís Pinto Ferreira, lpf@isep.ipp.pt

Coorientação científica: Professor Doutor Nuno Fernandes, nogf@ipcb.pt



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores
Área de Especialização em Automação e Sistemas

2021

AGRADECIMENTOS

Concluída a dissertação e, com ela, o Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Ramo de Automação e Sistemas, gostaria de agradecer a todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta etapa do meu percurso fosse terminada com sucesso.

Ao orientador, Professor Doutor Luís Pinto Ferreira, do Instituto Superior de Engenharia do Porto, pela paciência, atitude e enorme disponibilidade, preocupação e motivação, ao longo desta dissertação.

Igualmente ao coorientador, Professor Doutor Nuno Octávio Garcia Fernandes, do Instituto Politécnico de Castelo Branco, pela disponibilidade, preocupação e rigor aplicado exigido a esta dissertação.

À minha família, principalmente à minha esposa Sara e meus filhos, Miguel e Pedro, pelo carinho e contributo inestimável com que proporcionaram a possibilidade deste momento.

Ao meu amigo Tiago pelo apoio e incentivo constante.

RESUMO

Ao contrário do que as empresas antigas e rígidas referiam, que a gestão da manutenção seria um custo indispensável para o funcionamento das unidades não acrescentando valor, compara-se hoje o oposto. Alinhar a manutenção à produção, planeamento e apoio à decisão, permite colocar produtos no mercado ao mais baixo custo nos prazos estabelecidos.

Esta dissertação tem como objetivo primordial a melhoria dos processos de manutenção de uma unidade industrial. Para tal foram estudados e desenvolvidos alguns modelos de teste na estrutura da manutenção. Por exemplo, definiu-se o critério de obrigatoriedade de num turno produtivo estar sempre um técnico sénior, um júnior e um aprendiz ou estagiário, por forma a que o conhecimento se transmita entre gerações. Com isto, ambiciona-se um aumento na motivação e maior facilidade na integração de novos técnicos, refletindo-se na redução do número de paragens por avaria. Para isso utiliza-se a metodologia *Action Research*, onde todas as ações são planeadas, implementadas, medidas e se necessário reajustadas.

A realização deste trabalho permitiu padronizar as ações e decisões a tomar no âmbito da manutenção; aumentar a rapidez, logo melhoria do *Mean Time To Repair (MTTR)*; Melhorar no cumprimento dos planos de manutenção; Aplicar o conceito *Total Productive Maintenance (TPM)*; Elaborar procedimentos e contribuir para a formação dos técnicos; Criar um repositório digital; Criar procedimentos para associar materiais aos equipamentos; Melhorar o software SAP; Criar indicadores de manutenção. Com estas melhorias conseguiu-se reduzir o indicador MTTR de 9,86 dias para 1,46 dias, no caso de manutenções curativas, nas manutenções preditivas o indicador MTTR passou de 75 dias para 15 dias.

Palavras-Chave

Melhoria Contínua, Gestão, Manutenção, Processos, Unidade Industrial, *Total Productive Maintenance*, MTTR

ABSTRACT

The management of maintenance, contrary to what the old and rigid companies said, which is an indispensable cost for the operation of the units not adding value, today comes to prove exactly the opposite, and align maintenance to production, planning and decision support, to put products on the market at the lowest cost with the established deadlines.

This dissertation has as its primary objective the improvement of the maintenance processes of an industrial unit. For this, some test models were studied and developed in the maintenance structure, such as the criterion of a shift being mandatory to be a senior technician, a junior and an apprentice or intern, so that knowledge is transmitted between generations. This aims to increase motivation and easier integration of new technicians, reflecting the reduction in the number of stops per breakdown. For this, the methodology used was *Action Research*, where all actions are planned, implemented, measures and, if necessary, readjusted.

Thus, with the accomplishment of this work, it was possible: Standardization of actions and decisions to be made in the context of maintenance; Faster, soon improvement of *Mean Time To Repair*; Improvement in compliance with maintenance plans; Application of the TPM (*Total Productive Maintenance*) concept; Preparation of procedures and training of technicians; Creation of digital repository; Creation of procedures to associate materials with equipment; Improvement of SAP software; Creation of maintenance indicators. With these improvements, it was possible to reduce the MTTR indicator from 9.86 days to 1.46 days, in the case of curative maintenance and predictive maintenance, the MTTR indicator went from 75 days to 15 days.

Keywords

Continuous Improvement, Management, Maintenance, Processes, Industrial Unit, *Total Productive Maintenance*, MTTR, MTBF

ÍNDICE

<i>Agradecimentos</i>	<i>iv</i>
<i>Resumo</i>	<i>vi</i>
<i>Abstract</i>	<i>ix</i>
<i>Índice</i>	<i>xi</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>xiv</i>
<i>Índice de Tabelas</i>	<i>xvii</i>
<i>Índice de Gráficos</i>	<i>xix</i>
<i>Acrónimos</i>	<i>xxi</i>
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento do trabalho	2
1.2 Objetivos do Trabalho	2
1.3 Metodologia de Investigação	3
1.4 Apresentação da Empresa	5
1.5 Conteúdo e Organização da Dissertação	6
2. Revisão da Literatura e Fundamentação Teórica	8
2.1 Casos de Estudo	8
2.2 Manutenção Industrial	13
2.3 Importância da informação, formação e atualização da equipa de manutenção	15
2.4 tecnologia para uma manutenção eficaz	16
2.5 TPM	18
2.6 Análise e Melhoria dos Processos de Manutenção.....	20
2.7 Mapeamento de Processos de Manutenção	22
2.8 Indicadores de Manutenção (KPI's)	23

3. Análise e Melhoria dos Processos de Manutenção	26
3.1 Análise dos processos de manutenção existentes na unidade Fabril.....	26
3.1.1 Organização dos processos de manutenção	26
3.1.2 Situação Atual das atividades de Manutenção.....	30
3.1.3 Sistema de gestão para as atividades de manutenção.....	33
3.2 Identificação de Problemas	33
3.2.1 Elevada quantidade de ordens de trabalho Curativas abertas.....	35
3.2.2 Elevada quantidade de Ordens de Trabalho Preventivas Abertas	38
3.2.3 Elevada quantidade de ordens de trabalho Preditivas abertas.....	38
3.2.4 Falta de formação e Informação das Equipas de Manutenção	39
3.2.5 Escassa Documentação técnica de suporte.....	40
3.2.6 Fraca Gestão do Armazém Manutenção	41
3.2.7 Software de gestão da Manutenção desatualizado	42
3.2.8 Falta de indicadores de manutenção	43
3.3 Proposta de Melhoria dos Processos de Manutenção.....	44
3.3.1 Elaboração de procedimento para gestão de OT's curativas	45
3.3.2 Parametrização do software SAP	47
3.3.3 Informação e formação do conceito de ordem preditiva à equipa de manutenção.....	51
3.3.4 Reajuste de horários.....	53
3.3.5 Criação de repositório digital único.....	55
3.3.6 Criação de procedimento específico para criação de novas FNAM's.....	58
3.3.7 Implementação do software para Gestão da Manutenção.....	63
3.3.8 Criação de indicadores base para medição do trabalho da manutenção.	64
3.4 Análise de Resultados	67
4. Conclusões e Trabalhos Futuros	70
4.1 Principais contributos	70
4.2 Valor acrescentado do trabalho para a unidade industrial em estudo	72
4.3 Trabalhos Futuros	72
Referências Bibliográficas	74

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 – Organograma</i>	6
<i>Figura 2 – Forma de representar um fluxograma</i>	22
<i>Figura 3 - Variáveis Fundamentais do OEE (adaptado de Stricker et al., 2017)</i>	24
<i>Figura 4 – Cálculo indicador OEE</i>	24
<i>Figura 5 – Cálculo das variáveis do indicador OEE</i>	25
<i>Figura 6 – Diagrama Temporal de tempo para variáveis OEE</i>	25
<i>Figura 7 – MENU para abertura de uma nota de avaria</i>	27
<i>Figura 8 – Software SAP, módulo para operação do armazém</i>	29
<i>Figura 9 – Software SAP, Menu da manutenção</i>	30
<i>Figura 10 – Dashboards trabalhos manutenção</i>	31
<i>Figura 11 – Tabela de histórico e planeamento dos planos de manutenção</i>	32
<i>Figura 12 – Calendário partilhado agendamento manutenções preventivas</i>	33
<i>Figura 13 – Ordens de Trabalho em aberto desde 2019</i>	36
<i>Figura 14 – Ordens de trabalho abertas até 31 de Agosto de 2021</i>	36
<i>Figura 15 – Tempo de tratamento de uma ordem preditiva no ano de 2020.</i>	38
<i>Figura 16 – Repositório de documentação 1</i>	40
<i>Figura 17 - Repositório de documentação 2</i>	40
<i>Figura 18 - Exemplo arquivo documentação técnica</i>	41
<i>Figura 19 - Fluxograma do procedimento criado para abrir OT</i>	46
<i>Figura 20 – Exemplo folha de registo de ordens de manutenção</i>	48
<i>Figura 21 – Fluxograma ZM10</i>	49
<i>Figura 22 – Tempo histórico de fecho de uma ordem preditiva (ZM21) desde 2018 até 2021</i>	52
<i>Figura 23 - Fluxograma Abertura Ordem Preditiva (ZM21)</i>	53
<i>Figura 24 – Organização de um dos repositórios existente</i>	55

<i>Figura 25 – Definição dos locais de instalação e equipamentos</i>	<i>56</i>
<i>Figura 26 – Novo arquivo centralizado no sharepoint da Microsoft®</i>	<i>57</i>
<i>Figura 27 – Fluxograma procedimento abertura de FNAM's</i>	<i>58</i>
<i>Figura 28 – Processo final de abertura de uma FNAM.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 29 – Ficha Normativa de Artigo de Manutenção (FNAM).....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 30 – Árvore de equipamentos com materiais associados (Tanque nº130)</i>	<i>60</i>
<i>Figura 31 - Árvore de equipamentos sem materiais associados (Tanque 110).....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 32 – Fluxograma pedido de materiais.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 33 – Gestão de reservas de materiais armazém</i>	<i>62</i>
<i>Figura 34 – OEE (imagem retirada a 30/08/2021).....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 35 – OT's Não fechadas por tipo de Ordem (ZM30, ZM10 e ZM21).....</i>	<i>66</i>

ÍNDICE DE TABELAS

<i>Tabela 1 - Revisão de literatura de análise de estudos de caso</i>	<i>9</i>
<i>Tabela 2 – Tipos de manutenção vs impacto (adaptado de Basri et al. (2017))</i>	<i>21</i>
<i>Tabela 3 – Problemas dos processos em estudo</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 4 – Proposta de melhoria</i>	<i>44</i>
<i>Tabela 5 – Análise de resultados às propostas de melhoria implementadas.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 6 – Estado de implementação das melhorias</i>	<i>71</i>

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico 1 – Tempo de fecho de uma OT (ZM30) – Indicador (MTTR)</i>	<i>37</i>
<i>Gráfico 2 – Tempo de fecho de uma OT (ZM30) – Indicador (MTTR)</i>	<i>47</i>
<i>Gráfico 3 – Manutenções em 2020 (Curativas ZM30, preventivas (ZM10), predictivas (ZM21)).....</i>	<i>50</i>
<i>Gráfico 4 – Manutenções em 2021</i>	<i>50</i>

ACRÓNIMOS

- OT – Ordem de Trabalhos
- MTTR – *Mean Time to Repair*
- MTBF – *Mean Time Between Failures*
- RCM – *Reliability-Centred Maintenance*
- CM – *Condition Monitoring*
- ISEP - Instituto Superior de Engenharia do Porto
- OEE - *Overall Equipment Effectiveness*
- PdM - manutenção preditiva
- MA - Manutenção Autónoma
- MC - Melhoria Continua
- PDCA - *Plan, Do, Check e Action*
- IoT - *Internet of Things*
- FNAM - *Ficha Normativa de Artigo de Manutenção*

1. INTRODUÇÃO

A presente dissertação de mestrado, desenvolvida no âmbito do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica - Ramo de Automação e Sistemas, expõe o projeto realizado numa empresa industrial do setor alimentar, entre Novembro de 2020 e Outubro de 2021.

Num mundo empresarial cada vez mais competitivo, a gestão de referência, constantemente atualizada com a natural partilha de conhecimento nos inúmeros artigos científicos publicados sobre este tema, eleva os padrões de qualidade da manutenção para uma latitude tal, que a gestão de topo quer, e tem cada vez mais interesse em potenciar e estimular a intervenção da manutenção para juntos colocarem produtos no mercado ao mais baixo custo com os prazos estabelecidos (Sachitra, 2016).

Os autores Pombal et al. (2019) referem que os custos das atividades de manutenção representam, depois dos gastos com a energia, a maior fatia do orçamento de uma empresa.

Em linha com o que referem os autores Santos et al. (2019), quando paragens imprevistas acontecem no setor alimentar, os custos ascendem a valores imprevisíveis colocando de imediato o plano de produção semanal em risco.

1.1 ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

Com a atual dinâmica dos mercados, fatores não controlados como o custo dos combustíveis, eletricidade e gás natural e outros fatores como a concorrência, obrigam as empresas a estarem na vanguarda da competitividade (Zhu et al. 2021). Esta competitividade, além de influenciada por fatores sociais ou marketing também é ditada pelo custo de produção. O custo de produção refletido no custo final do produto, a este temos diretamente associado o custo de manutenção das instalações (Arani et al. 2020).

Posto isto, na empresa em estudo existem problemas de eficiência da própria manutenção que se tentarão suprimir ou reduzir ao longo desta dissertação. Desde logo pela implementação de indicadores chave para a manutenção tais como MTTR, MTBF e OEE. Após a implementação dos indicadores, já conseguir-se-á medir o trabalho da manutenção possibilitando-nos igualmente medir o impacto das ações de melhoria que se pretendem implementar.

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem como objetivo a melhoria dos processos de manutenção de uma unidade industrial, no ramo da indústria alimentar com o intuito de reduzir os custos de manutenção e do número de paragens por avaria.

Este objetivo principal decompõe-se nos seguintes objetivos intermédios:

- Pesquisa bibliográfica referente ao tema em estudo;

- Identificação de problemas e oportunidades de melhoria;
- Elaboração de modelos de melhoria da manutenção;
- Teste de modelos;
- Análise de resultados.

1.3 METODOLOGIA DE INVESTIGAÇÃO

Para uma visão holística sobre a temática em estudo, opta-se por utilizar a metodologia *Action-Research*. A metodologia em questão é a que mais se adapta, explica e ajuda a tratar o trabalho a desenvolver de uma forma faseada. Este faseamento permite mitigar o risco de implementação uma vez que possibilita em qualquer momento planear, implementar testar e se necessário voltar a reajustar, medir e voltar a planear, assim sucessivamente até que uma melhor solução seja alcançada (Danubianu & Teodorescu, 2015).

Esta metodologia é um tipo de pesquisa interpretativa que abarca um processo metodológico empírico e compreende a identificação do problema dentro de um contexto social e/ou institucional, o levantamento de dados relativos ao problema, a análise e significado dos dados apurados a identificação da necessidade de mudança, o levantamento de possíveis soluções e, por fim, a intervenção e/ou ação propriamente dita no sentido de aliar pesquisa e ação, com vista a alcançar os objetivos propostos (Gaspar & Leal, 2020).

Mostrando o que pode ser um *winwin* aquando da conjugação do contexto científico com o que podemos chamar de "chão de fábrica" e no seguimento da abordagem de Wohlin & Runeson (2021), que defendem a metodologia *Action-Research* como uma ferramenta que conjuga o conhecimento científico com o organizacional para resolver os problemas da empresa.

Alavancado no que o Aljaffan (2017) demonstrou, a metodologia *Action-Research* é em todo similar à metodologia PDCA, portanto podem complementar-se. Esta metodologia pode ser dividida em quatro fases, sendo elas: - *Plan, Do, Check e Act*. A fase “*Plan*” é parte integrante da identificação e análise do problema, seguindo do planeamento de ações e definição de propostas de melhoria a introduzir. A fase “*Do*” é a responsável pela implementação de ações e recolha de informações, a fase “*Check*” confirma as ações e analisa os resultados das ações implementadas. Já a última fase “*Act*” tenta estabelecer padrões para a solução implementada e planeia ações futuras.

Em suma, numa primeira fase temos o planeamento (*plan*) que agrega a identificação e análise do problema bem como o delinea o plano de ação. Nesta fase, começamos por detalhar o problema e definir objetivos para a próxima fase. Numa segunda fase temos o (*DO*), que é implementado e executado segundo o plano de ações, ou seja, garante-se que todos os pontos planeados foram seguidos e implementados. Na terceira fase, verifica-se (*Check*), analisam-se as ações realizadas, ou não, conforme os resultados sejam satisfatórios ou careçam de alguma melhoria. Se forem identificadas melhorias ou identificados possíveis problemas, volta-se ao início do ciclo. Finalmente temos a ação (*Act*). É nesta fase que são padronizadas e acompanhadas as medidas implementadas e avaliados possíveis trabalhos futuros, sempre na perspetiva de melhoria contínua (Mourato et al., 2020).

Uma outra forma de conciliar estas duas metodologias, foi a descrita por Dias et al. (2019), onde estes autores dividem o trabalho de pesquisa ação em 2 fases, em que a primeira utiliza o método de pesquisa-ação e na segunda fase utiliza-se o método PDCA, para testar e medir no imediato o impacto.

Segundo O’Leary et al. (2004) a metodologia *Action-Research* é um processo cíclico que ganha forma à medida que o conhecimento é adquirido, aumentando a autoaprendizagem, analisando sempre as medidas tomadas anteriormente para desenvolver as medidas futuras, permitindo identificar problemas prematuros, estudar soluções e implementar melhorias, com a possibilidade de reverter de imediato caso a perceção do impacto da medida adotada não seja satisfatória.

1.4 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA

Antes de se iniciar a explicação e contextualização acerca da organização estrutural dos processos de manutenção, importa explicar, ainda que de forma sucinta, a organização macro da empresa assim como da unidade fabril sediada no distrito de Aveiro.

Trata-se de uma empresa do ramo alimentar sediada em Portugal, que labora no ramo da indústria alimentar, possui unidades industriais em Portugal continental, ilhas e Espanha, totalizando 9 unidades.

No que diz respeito à sua organização Macro, divide-se em 5 unidades fabris em Portugal Continental, 2 unidades fabris no Açores 2 unidades fabris em Espanha. Uma vez que as 3 maiores unidades fabris estão sediadas em Portugal continental, foi criada uma estrutura organizacional dedicada e transversal a estas 3 unidades.

A estrutura é representada por um conselho de administração (presidente, COO, CFO, CCO), onde a estrutura que engloba a direção de manutenção está representada pelo COO. Este COO representa a direção de produção, 1 diretor de produção por cada unidade fabril, 1 diretor de qualidade representado por um responsável de qualidade em cada unidade fabril, 1 diretor logístico apoiado por um coordenador logístico e um coordenador de planeamento que integram uma estrutura transversal às 3 unidades e por último 1 diretor de manutenção, transversal às 3 unidades fabris e representado em cada uma delas por um responsável de manutenção.

É precisamente no responsável de manutenção que se inicia a estrutura de manutenção desta unidade fabril, o qual é apoiado por 2 engenheiros de manutenção. Estes estão organizados internamente pela divisão de setores, ou seja, esta unidade fabril tem 4 setores principais de atuação, sendo considerados setores independentes com elaboração de produtos distintos entre si. Da estrutura macro aqui descrita, agora a manutenção passa a ter 2 pilares de funcionamento. O primeiro, assente num Team leader, que gere a equipa técnica que laboração no horário 24/6, sendo que o Domingo está excluído e rodam através de um horário flexível de acordo com as necessidades, onde a principal função atribuída a cada técnica é de acordo com as avarias e no limite, apoio a alguma manutenção

preventiva. O segundo, é um Especialista por cada setor, cuja função passa por planejar, executar e acompanhar as manutenções preventivas e as manutenções corretivas de maior impacto.

A estrutura da empresa encontra-se representada na Figura 1.

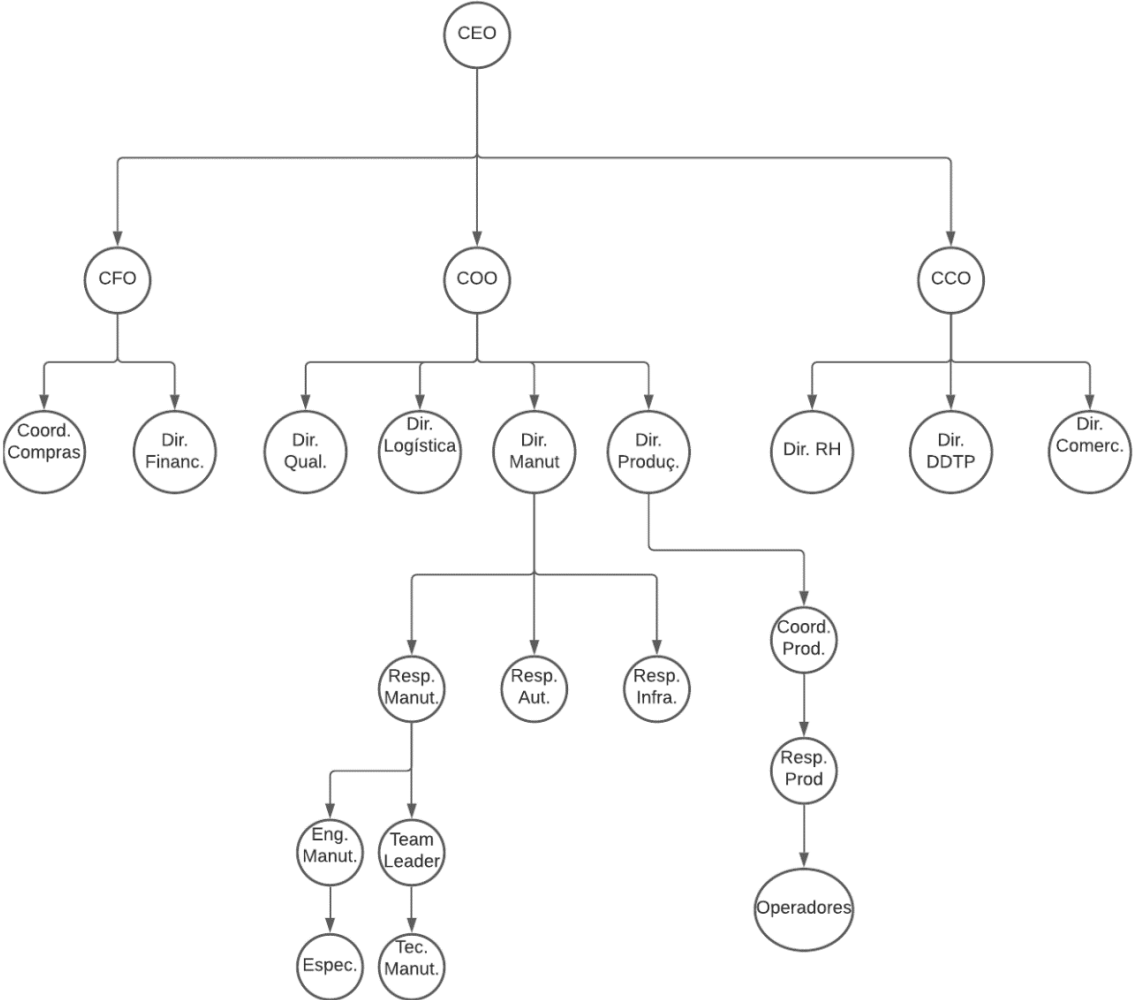


Figura 1 – Organograma

1.5 CONTEÚDO E ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação é composta por quatro capítulos organizados da seguinte forma:

- Capítulo 1, designado como “Introdução”, onde além do enquadramento, referenciam-se os objetivos, metodologia e organização desta dissertação. Neste capítulo, faz-se ainda uma breve apresentação da empresa;
- Capítulo 2, intitulado “Fundamentação Teórica e Revisão de Literatura”, que revê a literatura que eleger e explana os conceitos fundamentais para sustento do conteúdo a ser analisado e implementado nesta unidade fabril;
- Capítulo 3, intitulado “Análise e Melhoria dos Processos de Manutenção”, descreve o estado atual dos processos de manutenção, selecionando aqueles que são passíveis de melhoria, ou a serem criados;
- Capítulo 4, este designado “Conclusões e propostas de trabalhos futuros”, o qual faz uma breve síntese de todo o trabalho, assim como identifica oportunidades de melhoria e deixa desafios para trabalhos futuros;
- Por último ponto desta dissertação, este, diz respeito a todas as referências bibliográficas utilizadas para o desenvolvimento e apoio à identificação, desenvolvimento e elaboração desta dissertação.

2. REVISÃO DA LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

No presente capítulo procede-se à exposição da revisão bibliográfica realizada, definindo, de grosso modo o estado da arte do tema em estudo. Nesta revisão menciona-se as principais técnicas, fundamentadas pela literatura, para uma gestão eficaz dos processos de manutenção de uma unidade industrial. Esta base teórica, servirá de apoio e suporte aos modelos testados no decorrer desta investigação. Serão também abordados temas como o TPM, manutenções corretivas, manutenções preventivas e manutenções preditivas ou com base na condição do equipamento, assim como softwares de apoio à manutenção e indicadores de manutenção.

2.1 CASOS DE ESTUDO

Na literatura é possível encontrar diversos artigos que abordam e estudam a gestão de processos de manutenção, cada um adaptado à realidade da indústria e à própria unidade industrial. No entanto existem linhas de ação que facilmente se unem para complementar e readaptar a uma outra unidade fabril completamente distinta. Prova disso está na revisão de artigos científicos que se representa na Tabela 1.

Consegue-se ainda encontrar diversos exemplos, na literatura, de casos de sucesso, que utilizam métodos e procedimentos eficazes para gerir da melhor forma os equipamentos, máquinas e pessoas, tendo em conta o custo e o desempenho da manutenção. Isto todo naturalmente, sem que o custo da melhoria ultrapasse o razoável entre o lucro esperado e o custo decorrente das falhas.

A seleção e seriação dos artigos analisados e aplicados passou por uma triagem exaustiva de assuntos relacionados com gestão da manutenção, estudos de casos na área da manutenção de equipamentos industriais, sempre com o critério da atualidade dos temas.

A tabela seguinte, Tabela 1, resume os trabalhos científicos utilizados para referenciar o estado da arte no tema de gestão e melhoria dos processos de manutenção industrial.

Tabela 1 - Revisão de literatura de análise de estudos de caso

Referências Bibliográficas	Descrição dos Trabalhos
Al-Refaie & Hanayneh, (2014)	Neste artigo os autores utilizaram uma análise quantitativa para estudar estatisticamente a relação entre 47 unidades fabris na Jordânia. O estudo mostrou significativamente que o TPM e TQM têm uma relação positiva no fator de performance das unidades.
Guariente et al. (2017)	Neste estudo, realizou-se numa unidade industrial de Vigo, teve-se como objetivo a otimização de procedimentos por forma a aumentar a disponibilidade de máquinas e equipamentos, através da manutenção autónoma, numa linha numa fábrica produtora de tubos de ar condicionado para o setor automóvel. As melhorias realizadas tiveram um aumento de 10% no indicador de disponibilidade dos equipamentos, um aumento no OEE de 8%, fruto de uma redução no <i>Mean Time To Repair</i> (MTTR). O bom resultado que adveio desta intervenção, será implementado nas restantes, a pedido da empresa.
Realyvásquez-Vargas et al., (2018)	Neste artigo, os autores desenvolveram uma revisão de literatura da qual extraíram informação a partir da qual, aplicando o método PDCA, numa empresa de componentes eletrónicos no México, com o objetivo de reduzir pelo menos 20% dos defeitos nos processos de soldadura e aumentar 20% a capacidade de produção de 3 linhas duplas de placas eletrónicas, conseguiram, com recurso a diagramas de Pareto e fluxogramas uma redução nos defeitos em 65%, 79% e 77% para 3 os modelos analisados. Relativamente à produtividade verificou-se o aumento na ordem dos 19,72%.
Lee et al. (2019)	Neste estudo pretende-se fazer uma análise <i>big-data</i> através de sensores inteligentes, inteligência artificial e construção de plataformas para uma tomada de decisão no decorrer de uma manutenção preditiva mais eficaz. A metodologia para análise deste estudo passou por uma vertente académica estudando o tipo de manutenções preditivas usadas na empresa Rolls-Royce, Hyundai Motors, Bosch, John Deere e Clova. Na conclusão deste estudo mostra-se que, embora tenha uma componente meramente académica, pode ser usada como benchmarking uma vez que usa excelentes exemplos de manutenção preditiva utilizada por estas

	<p>empresa, e mostra que uma gestão de qualidade promove o repensar no papel do treino / educação dos líderes para desenvolverem maneiras para que todos os funcionários possam participar na melhoria contínua para análises de big data em tempo real, adiando uma economia de recurso no valor de US \$ 630 bilhões nos próximos 15 anos.</p>
<p>Gugaliya, et al. (2019)</p>	<p>Neste estudo aborda-se a técnica de manutenção baseada na condição (MBC) com o objetivo de adaptar e estabelecer um modelo de custo para viabilidade financeira desta técnica em motores de indução. Recorre-se de uma revisão de literatura para identificar as falhas existentes neste tipo de motores, as técnicas usuais de supervisão existentes e os métodos mais utilizados. Segue-se com uma comparação de todas as técnicas e o MBC. Concluindo que é útil a esta análise, mas as variáveis de cada indústria têm de ser consideradas, deixando, portanto, as devidas fórmulas para que os responsáveis de manutenção tomem os seus parâmetros, exemplificando com estudo de um caso num moderno complexo industrial na Índia, no qual conseguiria-se recuperar o investimento logo a partir do segundo ano.</p>
<p>Ribeiro et al. (2019)</p>	<p>Neste estudo, realizado numa empresa irlandesa, é apresentado-se o problema de uma determinada linha de uma empresa do setor automóvel não poder parar. Inicialmente começou-se por medir o Tempo Médio entre Falhas (MTBF), o MTTR, o Tempo Médio de Reparação (MTTR), o OEE e por último a Disponibilidade (A). Para minimizar paragens imprevistas é usada a metodologia de manutenção produtiva total (TPM) apoiada por ferramentas lean, como os 5S, a gestão visual, o treino dos operadores. Os resultados foram notórios e traduziram-se num aumento de 95,9% para 97,1% do OEE, de 124 para 155hrs de MTBF e uma diminuição de MTTR de 5,26 para 4,56hrs.</p>
<p>Pinto et al. (2019)</p>	<p>Neste estudo é mencionada-se a recente norma de qualidade para a indústria automóvel, numa empresa na Irlanda, a IATF 16949:2016, a qual impõe a implementação de indicadores de desempenho. É então feito um estudo de caso numa empresa multinacional do ramo cujo objetivo é melhorar os procedimentos e fluxos de informação. Para isso foram usadas as metodologias SMED e 5S. Estas técnicas resultaram na redução em 11% do tempo de Setup e um OEE na ordem dos 90% (acima dos 85% do indicador global), e no período testado teve sempre acima dos 83% definidos como mínimos pela gestão da empresa.</p>
<p>Santos et al. (2019)</p>	<p>Neste estudo, desenvolvido numa indústria alimentar, sediada em Portugal, procedeu-se ao levantamento do parque de maquinaria desta indústria, com intuito de levantar e classificar, através de 3 escalas, A, B e C, a criticidade de cada elemento para o bom funcionamento das unidades fabris seguindo uma metodologia de Manutenção Centrada em Fiabilidade (RCM), revisão dos Planos de Manutenção Preventiva (PMP), integração de ativos críticos no Sistema de Gestão de Manutenção Computorizada (CMMS) Feito isto, foi possível redefinir o stock de peças de reposição, e levou aos seguintes resultados: - diminuição de 201,6 homens por ano</p>

	<p>dedicado aos planos de manutenção preventiva (foco na transferência de atividades básicas da equipa de manutenção para os operadores de equipamentos); - no mesmo período 3% de redução do Indicador de Desempenho Chave (KPI); - Taxa global de indisponibilidade devido a falha (de 4,75% para 4,02%), e; - melhor controlo e previsão do principal Resultado de Desempenho (KPR) da manutenção, Custos de Manutenção.</p>
<p>Amrani, et al. (2020)</p>	<p>Este estudo pretendeu fornecer um único sistema de diagnóstico integrado para investigar as causas de baixa produtividade, lucratividade, condições de saúde das máquinas e gravidade do desgaste de ativos em 6 linhas da indústria de biscoitos de uma fábrica em Taiz, Yemen. A avaliação teve como base a recolha de dados através do <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) e o <i>Oil-based Maintenance</i> (OBM) que foram tratados recorrendo a técnicas de espinha de peixe, 5 porquês e gráficos de pareto para apurar todas as falhas. Aplicando estas técnicas identificou-se que a linha 1 e 2 foram consideradas com “catastróficas” com OEE de 43% e 46% respetivamente, e nível de viscosidade do óleo com redução anormal de viscosidade e ainda presença de água, concluindo que será necessária uma manutenção preventiva mais apertada e possível substituição da linha 1.</p>
<p>Martins, et al. (2020)</p>	<p>Neste estudo pretendeu-se melhorar o processo de gestão da manutenção preventiva numa empresa de desenvolvimento, produção e manutenção de transformadores de potência e distribuição, localizada na Grécia. As metodologias aplicadas foram a Manutenção Centrada na Fiabilidade (RCM) e a manutenção produtiva total (TPM). Estas técnicas depois de devidamente aplicadas resultaram numa redução de 66% nas falhas de equipamentos tendo o cumprimento dos planos de manutenção subido 12% e conseguindo-se uma poupança a rondar os 120mil €.</p>
<p>Darestani et al. (2020)</p>	<p>Neste estudo de investigação, os autores priorizaram as principais técnicas de manutenção através da combinação de programas de dois objetivos e técnicas TOPSIS. Começaram por identificar todos os fatores que afetam a manutenção e, em seguida, foram distribuídos questionários contendo fatores discutidos entre peritos, obtendo uma análise de fiabilidade alfa de Cronbach de 84%. Realizaram ainda um segundo questionário utilizando a BWM para determinar a importância de cada um dos critérios, de entre os quais os critérios de custo de amortização do equipamento, a eficiência do equipamento e do pessoal, o tempo de instalação e instalação de equipamentos e viabilidade técnica obtiveram-se as pontuações mais elevadas. O modelo proposto foi resolvido usando o software Lingo e a melhor opção para cada dispositivo foi especificada após a modelação e determinação do peso das três políticas diferentes da estratégia preventiva (PM), estratégia preditiva (PDM) e estratégia corretiva (CM). De acordo com os resultados e os pareceres dos peritos, a estratégia CM (classificada pela TOPSIS como a terceira estratégia) não foi recomendada para nenhuma máquina. Os resultados obtidos através da resolução do modelo de programação de objetivos da estratégia de manutenção inferiram que tanto as estratégias PM como as PDM são</p>

	eficazes na seleção da estratégia de manutenção e são a política de manutenção mais adequada na Kaghaz Kar Kasra Co.
Bourezza, E. M., & Mousrij, A. (2020)	No artigo abordou-se a necessidade da manutenção industrial acompanhar a 4ª revolução industrial pesquisando e desenvolvendo novas abordagens de manutenção capazes de gerar informação, trata-la e detetar falhas em tempo real. Apresentou um esboço de implementação de uma plataforma inteligente de manutenção industrial alinhado com o princípio da indústria 4.0. Esta plataforma detetava falhas, estimava o tempo de bom funcionamento de um dispositivo, em seguida, enviava informação ao suporte de decisão, que por sua vez o enviava para o planeamento e era no fim executada, por último um módulo de avaliação para verificar o bom funcionamento. Como exemplo esta aplicação foi instalada para análise de vibrações, estando atualmente em funcionamento
Cárcel-Carrasco et al. (2020)	Neste artigo os autores utilizaram a metodologia qualitativa para entrevistar 61 empresas do setor agroalimentar em Espanha. O estudo focou-se na gestão do conhecimento, identificando barreiras e facilitadores, como a cultura e a organização da manutenção, para uma boa partilha e divulgação da informação por parte dos técnicos de manutenção.
Cárcel-Carrasco & Cárcel-Carrasco (2021)	Neste estudo, desenvolvido em Valência, Espanha, foi feito um levantamento com base no conhecimento e experiência adquirida na resolução de problemas de manutenção em empresas com grandes ativos físicos, através de um estudo qualitativo, recorrendo a inquéritos realizados a técnicos de manutenção para perceber se o conhecimento aplicado em cada fase está assegurado pela empresa, ou se é o conhecimento pessoal do técnico que vigora, tendo obtido os seguintes resultados: - 51,25% para conhecimento registado e assegurado pela empresa, nas ações operacionais é de 43,90%, para ações de eficiência de energética é de 49,61% e nas ações de manutenção (preventiva, preditiva e corretiva) o valor sobe para os 68,78%. Concluindo desta forma, que quando um técnico de manutenção deixa a empresa, uma boa parte do conhecimento de manutenção perdesse.

Na Tabela 1, analisaram-se os artigos selecionados como principais e relevantes para este trabalho, no contexto dos principais conceitos abordados no estudo e melhoria de processos de gestão da manutenção.

Deste apanhado de bons exemplos de implementação de ações de melhoria no setor da manutenção industrial, destaca-se a experiência dos autores Santos et al. (2019), Cárcel-Carrasco et al. (2020) e Amrani et al. (2020) que implementaram ações de melhoria nos

processos e atividades de manutenção, alcançando resultados atrativos com registo evidente de poupanças no custo produtivo das unidades fabris.

2.2 MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Tal como referem Manzini et al. (2009), a manutenção é o conjunto de atividades que monitoriza e mantém os equipamentos, as infraestruturas e os sistemas em funcionamento, impactando o planeamento e controlo da produção, tornando-a como peça fundamental para o complexo padrão de produtividade, competitividade e qualidade do próprio negócio.

Os autores Accorsi et al. (2019) referem ainda que no novo paradigma da manutenção, esta terá habilidade para criar e divulgar, dados históricos de vida útil dos equipamentos e peças, por ao controlo de gestão, analisar e decidir de acordo com esses mesmos dados.

É neste ponto que diversos autores, atualmente se focam, na adaptação ao conceito de Indústria 4.0. Um exemplo são os autores Zonta et al. (2020), onde afirma que aparecerão com certeza novas técnicas, serviços e produtos, aumentando a produtividade e gerando novos empregos qualificados na área industrial. Perante esta transformação, as pessoas de todos os departamentos devem ter novas competências e competências para trabalhar na Indústria 4.0. Isto exigirá uma qualificação e gestão do conhecimento para as empresas (Tufano et al. 2018). Com esta realidade, ultrapassa-se o conhecimento adquirido e limitado a algumas pessoas da organização, proveniente de conhecimento adquirido ao longo dos anos, que tradicionalmente não dotado de conhecimentos de gestão, para o conhecimento global, onde a gestão recebe em tempo real dados produtivos, custos, capacidades, dificuldades alavancando para decisão baseada em fatores do momento (Li et al. 2017).

Visto isto, convém, tal como referem Baral et al. (2008), ter presente o objetivo principal da manutenção, que passa pela necessidade de manter um ativo no estado de funcionamento ideal sem que o funcionamento do sistema seja perturbado. Claro está que

a empresa pode, a qualquer altura alterá-lo e delinear outro quer seja ao nível de atualizações quer seja ao nível de desativações (Coetzee, 1999).

De referir que, tal como os autores Fraser et al. (2014) defendem para manter a fiabilidade das máquinas é necessário um nível de conhecimento e experiência nos serviços de manutenção prestados, e claro está, medir o nível de fiabilidade das máquinas através de indicadores de manutenção, essencialmente *Mean Time Between Failures* (MTBF), *Mean Time To Repair* (MTTR) e *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) e também muito bem presentes os riscos e níveis de segurança de cada máquina.

Ainda no contexto da fiabilidade, Narayan (2004), afirma que as atividades estratégicas que a organização de manutenção deve cumprir são: a fiabilidade, definindo-a como a atividade estratégica fundamental para as empresas de produção industrial, sendo a ação que limita os processos de avaria, redução do elevado custo indireto repercutido nas restantes áreas da empresa; o conhecimento dos equipamentos, essencial para a resolução de avarias, uma vez que afeta intensamente a produção, sendo portanto um rápido diagnóstico é essencial; a própria manutenção dos equipamentos essencial para conseguir a disponibilidade de equipamentos e instalações e prolongar o ciclo de vida de máquinas; a eficiência energética, acompanhando de perto o seu impacto económico transferido para o preço do produto, sendo igualmente necessário um conhecimento aprofundado das instalações e equipamentos, bem como das características dos processos de produção utilizados, para determinar a melhor opção para a eficiência energética; operação/exploração necessários para adaptações nas ações de rotina de funcionamento e aumento constante da eficiência dos processos; e por último o conhecimento dos processos de outsourcing significam que a empresa subcontratada geram um conhecimento estratégico da própria empresa, que normalmente se perde devido à mudança ou substituição da referida empresa, estando o outsourcing presente em todos os tipos e tamanhos das empresas, quer seja para reduzir custos de pessoal efetivo em determinadas tarefas, que seja para manutenções com pessoal altamente especializado, como é o caso dos fabricantes dos próprios equipamentos.

Nada melhor do que terminar este ponto da manutenção industrial propriamente dita com a citação dos autores Martins et al. (2020), as quais referem que a manutenção industrial tem a capacidade de integrar recursos, ampliar capacidades, papéis e relações entre os diferentes intervenientes no ecossistema potenciando a utilização eficiente destes recursos organizacionais criando benefícios sociais e ambientais alavancando o modelo de negócio no caminho da sustentabilidade, na medida em que o valor ambiental é criado quando a organização gera mais benefícios ambientais do que impactos. Existem várias abordagens para estimar os impactos ambientais, como por exemplo a Avaliação do Ciclo de Vida. A incorporação da perspectiva do Ciclo de Vida levou à redefinição da função de manutenção. Como ferramenta de medição dos impactos ambientais utilizando diferentes tipos de indicadores ao longo de todo o ciclo de vida de um produto ou serviço (qualidade do ecossistema, emissões de CO₂, esgotamento de recursos, etc.) que estabelecem novas informações para a gestão, ajudando na tomada de decisões para o planeamento e execução de atividades de manutenção.

2.3 IMPORTÂNCIA DA INFORMAÇÃO, FORMAÇÃO E ATUALIZAÇÃO DA EQUIPA DE MANUTENÇÃO

Como na maioria das tarefas de gestão, quer seja gestão de pessoas, gestão de recursos ou mesmo gestão de topo, existem sempre barreiras e facilitadoras que os intervenientes se vão apercebendo ao longo do tempo. Como tal, na gestão da manutenção também existem essas variáveis, elegendo os autores Grijalvo et al. (2021) como barreiras o tempo, enquanto barreira fundamental identificada para documentar adequadamente ações importantes, as barreiras culturais com uma cultura baseada no "próprio conhecimento", não partilhada, especialmente entre técnicos operacionais (com uma elevada componente tácita de conhecimento e, portanto, não registado), bem como obter o envolvimento total do pessoal, e a disponibilidade de tempo, são as barreiras localizadas.

Ainda no mesmo estudo dos autores Grijalvo et al. (2021) verificou-se que a existência de uma cultura organizacional na empresa que seja transmitida ao próprio departamento de

manutenção, proporciona uma motivação do pessoal envolvido, ganhando com isso oportunidades de aprendizagem e partilha de conhecimento, contrariamente à estrutura rígida, sem foco na motivação, que proporcionam um aumento de conhecimento individual e não partilhado.

Posto isto, consegue-se concluir que, tal como Guariente et al. (2017) referem, que a formação é um dos pilares facilitadores, principalmente quando esta formação é dirigida e adaptada ao próprio ambiente de trabalho de cada um, capaz de se relacionar com a atividade diária, e quando consegue esclarecer de forma clara os problemas e soluções do dia a dia dos técnicos de manutenção, gerando ou direcionando a própria autoaprendizagem o que por sua vez motiva e proporciona um vincado aumento de desempenho das equipas.

Martins et al., (2020), referem que a próxima evolução na estratégia de manutenção está ligada à manutenção preditiva, seguindo a lógica da *Total Productive Maintenance* (TPM), tentando simplesmente minimizar o tempo de inatividade da máquina e procurando melhorar o OEE da instalação, alinhando a ideia de Grijalvo et al. (2021) e Martins et al. (2020) que a manutenção é o pilar onde, em torno do qual está focada toda a estrutura da empresa, uma vez que uma boa manutenção ajudará a um incremento de produtos no mercado, contrariamente a uma má manutenção, que poderá levar a roturas de stock, perda de encomendas, má reputação da marca e por aí em diante. Por último, Villalba-Diez & Ordieres-Meré (2021) referem que uma estratégia, fortemente popularizada, é a utilização de software inteligente nos dispositivos conectados (IoT) que incorporam as máquinas, fornecendo assim uma espécie de inteligência, intitulada pela administração japonesa como conceito de JIDOKA ou automação com um toque humano.

2.4 TECNOLOGIA PARA UMA MANUTENÇÃO EFICAZ

Os autores Saucedo-Martínez et al. (2018) referem que a indústria 4.0 é uma filosofia que está a caminho das indústrias e que acima de tudo as pretende tornar mais competitivas, ao nível de racionalização de recursos através do acompanhamento em tempo real das

instalações. Neste acompanhamento, entra naturalmente a manutenção das unidades fabris, pois, antevendo possíveis problemas na instalação, ou simplesmente, baseado no histórico do equipamento, conseguimos em qualquer lugar comunicar e interagir com os equipamentos, quer seja, controlo do equipamento, ou simplesmente receber notificações de possíveis avarias e antever revisões por forma a que o equipamento no momento em que seja necessário, este esteja disponível e sem problemas.

Com isto, e adicionalmente à conferência pelos autores Jaingok e Chutima (2015), as soluções tecnológicas devem permitir que as empresas implementem manutenções e ações preventivas para melhorar a fiabilidade e resolução de problemas, a melhoria da eficiência energética e as ações normais das operações das instalações. Os técnicos de manutenção podem melhorar o ciclo e ajustar o parâmetro de monitorização da manutenção, com políticas de gestão de conhecimento que captam e transferem este conhecimento estratégico (normalmente tácito) que é adquirido pelas pessoas que estão nestes departamentos com base na sua experiência adquirida após anos de trabalho na empresa.

Segundo os autores Piccarozzi et al. (2018) o conceito da indústria 4.0 baseia-se no desenvolvimento de uma produção completamente automatizada e inteligente, capaz de comunicar de forma autónoma com os principais *players* corporativos. Os autores referem ainda que o conceito de Indústria 4.0, a big data e manutenção preditiva (PdM) estão intimamente relacionados. O PdM baseia-se no acompanhamento das máquinas de modo a otimizar as tarefas de manutenção, prolongando-as e encurtando-as quando necessário baseado naquilo que produziram (Jimenez-Cortadi et al., 2020). O conceito de PdM está ainda vincado por Iskandar et al. (2015) e Ferreira et al. (2016), onde referem que a PdM é fundamental para prevenir e antecipar paragens e interrupções imprevistas dos processos. Não menos importante o conceito passado por Hijes et al. (2020) referindo que a medição constante e multivariada é condição fundamental para retirar melhor feedback e com mais exatidão atuar para o conseguir acompanhar e melhor assim que possível e que os valores o justifiquem.

Para terminar o conceito PdM e tecnologia utilizada para a manutenção, citamos os autores Cardoso e Ferreira (2021), onde estes demonstraram ferramentas de Inteligência Artificial, nomeadamente em *Machine Learning*, capacitados com um enorme potencial na análise de grandes quantidades de dados visando assim melhorar a disponibilidade de sistemas, reduzindo os custos de manutenção e aumentando o desempenho operacional e o apoio na tomada de decisões. Também neste âmbito, a simulação constitui uma importante ferramenta de apoio à tomada de decisão no âmbito da indústria 4.0 (Sá et al. (2022); Sá et al. (2021)), como é possível constatar nos trabalhos de Ferreira et al. (2010), Ferreira et al. (2012), Ferreira et al. (2013) no contexto da indústria automóvel e no trabalho de Silva et al. (2021) no contexto da indústria têxtil.

No tópico seguinte abordaremos um conceito associado à gestão da manutenção, o *Total Productive Maintenance (TPM)*.

2.5 TPM

Segundo os autores Braglia et al. (2019), numa fase primitiva existia a ideia anti-económica e antiquada, de que a manutenção é um “mal necessário” ao invés do experienciado, um elevado número de autores refere que a manutenção, já é vista como uma entidade altamente comprometida com o negócio, com o foco principal de tornar e manter a sustentabilidade da empresa.

A origem do TPM remonta no Japão, tendo sido desenvolvido pela Toyota Motor Company em 1970. O TPM é uma estratégia de gestão que visa otimizar a eficiência dos equipamentos eliminando as paragens não programadas e promovendo a manutenção autónoma através das atividades diárias dos operadores (Braglia et al., 2019)). Nessa medida o TPM (*Total Productive Maintenance*) vem fortalecer a relação entre a manutenção e a produção, com o envolvimento natural de ambos estarem a trabalhar para que as paragens sejam anuladas e ou previamente detetadas (Al-Refaie & Hanayneh, 2014).

Na mesma linha Agustiady (2018), vai mais além e refere que existem inúmeros benefícios, quando utilizado o TPM. Alguns desses benefícios são: - Aumentar o conhecimento e a técnica dos funcionários relacionados aos equipamentos; - melhorar as comunicações internas; - fornecer base para a construção e cooperação das equipas multidisciplinares; - estabelecer especificações básicas de equipamentos; -promover auditoria e diagnósticos fáceis aos equipamentos; - controlar a variação de equipamentos (standardização) e reduzir defeitos; - eliminar tempos de inatividade não planeada; - garantir o controlo de qualidade e a conformidade, e; - aumento da eficácia geral do equipamento (OEE). No seguimento, os autores Tortorella et al. (2021) nomeiam oito pilares da estrutura TPM:

- Manutenção autónoma;
- Melhoria contínua;
- Manutenção planeada;
- Manutenção com qualidade;
- Treino e formação;
- Segurança, saúde e ambiente;
- Planeamento em gabinete, e;
- Desenvolvimento da manutenção.

Em suma, estes autores particularizam a Manutenção Autónoma (MA), a Melhoria Contínua (MC), a Manutenção Planeada (MP) e o Treino e Formação (TF) como os que têm maior impacto nas indústrias.

Conhecidos os pilares de sustento e implementação do TPM, não terminamos o conceito TPM sem antes abordar os custos. Para isso recorreremos aos autores Wickramasinghe & Perera (2016) que afirmam que após a implementação do TPM, os custos operacionais baixam, a produtividade aumenta, as paragens nos equipamentos diminuem, os tempos

de reparação também diminuem, aumenta o tempo de disponibilidade do equipamento e diminuem os custos de reparação.

Portanto, para o conceito TPM vigorar numa organização, tem de haver sinergias muito fortes entre o departamento da manutenção e o departamento da produção (Braglia et al. 2019).

2.6 ANÁLISE E MELHORIA DOS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO

Continuando na metodologia em uso nesta dissertação chegamos ao momento de pesquisar sobre como a maioria das indústrias utiliza o conceito de processo de manutenção e o usa para melhorar o seu desempenho.

De uma forma genérica, e de acordo com Gonçalves et al. (2018), os processos são, ou podem ser o representar de um conjunto de atividades, que estando visível para todos, conseguem transformar um conjunto de atividades na criação de valor, quer seja pela transformação de matérias-primas quer seja pela definição de processos e esclarecimento das atividades necessárias fazer, ou que determinados recursos devem fazer, dependendo da abordagem de cada autor.

Os autores Forssén & Haho (2001) referem que os processos são formas de testar alternativas aos modelos de processo existentes, e também um modelo de treino para os funcionários.

Se olharmos para a atualidade, os autores Amaro et al. (2019) referem e elucidam que a filosofia presente em cada vez mais nas empresas, vai no incentivo de, não só alcançarem melhorias operacionais, mas também pede uma preocupação em terem um melhor desempenho ambiental e daí haver uma necessidade constante de analisar, atuar e medir os seus processos, para existir a real noção de quanto e como poderão melhorar.

No que aos processos de manutenção diz respeito, começamos por apresentar os tipos de manutenções que podem ser considerados. Para isso recorreremos à Tabela 2 para representar os tipos de manutenções recorrentemente utilizados.

Tabela 2 – Tipos de manutenção vs impacto (adaptado de Basri et al. (2017))

Recursos	Tipos de Manutenção			
	Manutenção Curativa (CM)	Manutenção Preventiva (PM)	Manutenção Preditiva (PdM)	
Intervenção	Reativa	Proativa	Proativa	
Categoria da Manutenção	Reparação após a falha	Baseada num período de tempo ou funcionamento	Diagnóstico baseado na manutenção de acompanhamento	Prognóstico após uma manutenção
Tempo de Inatividade	Alto	Baixo	Mínimo	Mínimo
Condições para a falha	Aleatório à idade	Base anual	Prevenção para a ocorrência	Prevenção para a ocorrência
Dispêndio mão obra	Máximo	Pouco menos	Moderado	Mínimo
Custo de Engenharia	Mínimo	Pouco Maior	Moderado	Alto
Necessidade de Agendamento	Não aplicável	Baseado no histórico de falhas ou vida dos componentes	Baseado na corrente condição	Com base na previsão de vida do equipamento
Ações	Inspeções, reparações ou substituições depois da falha	Inspeções, reparações ou substituição em intervalos pré-determinados de acordo com a experiência adquirida	Inspeção, reparação baseada em perceções, após aquisição e acompanhamento de dados	Previsões de vida do equipamento baseado na carga atual

Como referido, a manutenção tradicional responde reactivamente a falhas em equipamentos ou dispositivos. Esta abordagem reativa intervindo em falhas depois destas ocorrerem é o pior cenário para a manutenção.

A manutenção preventiva permite que os operadores realizem manutenção contínua, procurando evitar situações críticas e aumentando o seu custo marginal (Martins et al., 2020).

2.7 MAPEAMENTO DE PROCESSOS DE MANUTENÇÃO

O mapeamento de processos, representa o fluxo de informação, pessoas, materiais e recursos através das várias partes do processo, sendo uma excelente forma de documentar a realidade da empresa e comunicar essa informação a todos.

Um modelo que se decidiu implementar foi o introduzido por Omachonu et al. (2004). Este modelo está representado na Figura 2 e contém diferentes significados e linhas de fluxo capazes de identificar Atividades, Decisões, entre outros, ligados por linhas de fluxos que representam o sentido do fluxo do percurso.

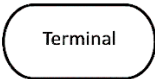
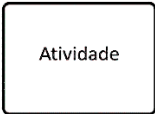



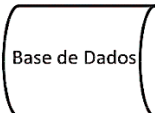

Símbolos	Significado
	Representa o início ou fim do processo
	Representa uma única atividade ou tarefa do processo
	Representa uma decisão a tomar. A resposta à decisão indica o percurso a tomar.
	Representa informação escrita pertinente para o processo.
	Representa múltipla informação escrita pertinente para o processo.
	Representa informação relativa ao processo armazenada de forma digital.
	Linha de fluxo - Representa a sequência do percurso.

Figura 2 – Forma de representar um fluxograma

2.8 INDICADORES DE MANUTENÇÃO (KPI'S)

As empresas recorrem frequentemente à filosofia LEAN, onde os conceitos estão todos definidos e todos os processos são medidos para uma melhoria generalizada do planeta, aumentando naturalmente a performance da empresa, inerente, naturalmente ao desperdício e à sustentabilidade do negócio (Amaro et al, 2019).

Posto isto o autor Frase (2014), efetuou uma revisão de literatura sobre 37 modelos de gestão de manutenção e selecionou os 4 mais utilizados, TPM (Total Productive Maintenance), CBM (Condition-based Maintenance), RCM (Reliability-Centred Maintenance) e CM (Condition Monitoring). Na mesma linha, mas adicionando o indicador disponibilidade como o mais importante, os autores Anggradewi et al. (2019), mostraram essa evidencia depois de analisados 33 artigos de revisão.

Na mesma medida os autores Muchiri et al. (2010) entrevistaram um conjunto de empresas e obtiveram como indicadores mais usados os seguintes: - manutenções não planeadas e realizadas; - Tempo médio para reparar (MTTR); - número de paragens forçadas; - Tempo médio sem falha (MTBF).

Já os autores Zhu et al. (2018) e Domínguez et al. (2019) referem que o OEE, tem uma dupla finalidade. Primeiro dá visibilidade do rendimento total da linha à produção e segundo dá visibilidade do desempenho ou rapidez das intervenções da manutenção, quer sejam pequenas intervenções, quer sejam grandes intervenções, isto é, se foi efetuada uma grande intervenção na perspetiva de melhorar o desempenho da linha, o OEE pode indicar, por exemplo, o desempenho da máquina na semana anterior à intervenção e o desempenho da máquina na semana posterior à intervenção, com isto decidir se são necessárias mais intervenções ou se a máquina foi para o patamar de desempenho esperado.

Este indicador está representado com as principais variáveis do seu ser. A Figura 3 apresenta um esquema representativo deste indicador.



Figura 3 - Variáveis Fundamentais do OEE (adaptado de Stricker et al., 2017)

No que aos cálculos do OEE diz respeito, seguiu-se o mencionado por Giura (2017) e por Ahire et al. (2012), representado na Figura 4.

$$OEE(\%) = Disponibilidade (\%) * Desempenho (\%) * Qualidade (\%)$$

Figura 4 – Cálculo indicador OEE

Por sua vez a Figura 5, representa os cálculos associados à disponibilidade, desempenho e qualidade.

$$Disponibilidade = \frac{Tempo\ de\ Operação}{Tempo\ Planeado}$$

$$Desempenho = \frac{TempodeProduçãoEfetiva}{TempodeProdução}$$

$$Qualidade = \frac{TempodeProduçãodePeças\ válidas}{TempodeProduçãoEfetiva}$$

Figura 5 – Cálculo das variáveis do indicador OEE

E para uma melhor percepção das variáveis ao longo do tempo, utilizou-se a Figura 6, onde estão representados, num referencial temporal, cada variável mencionada:

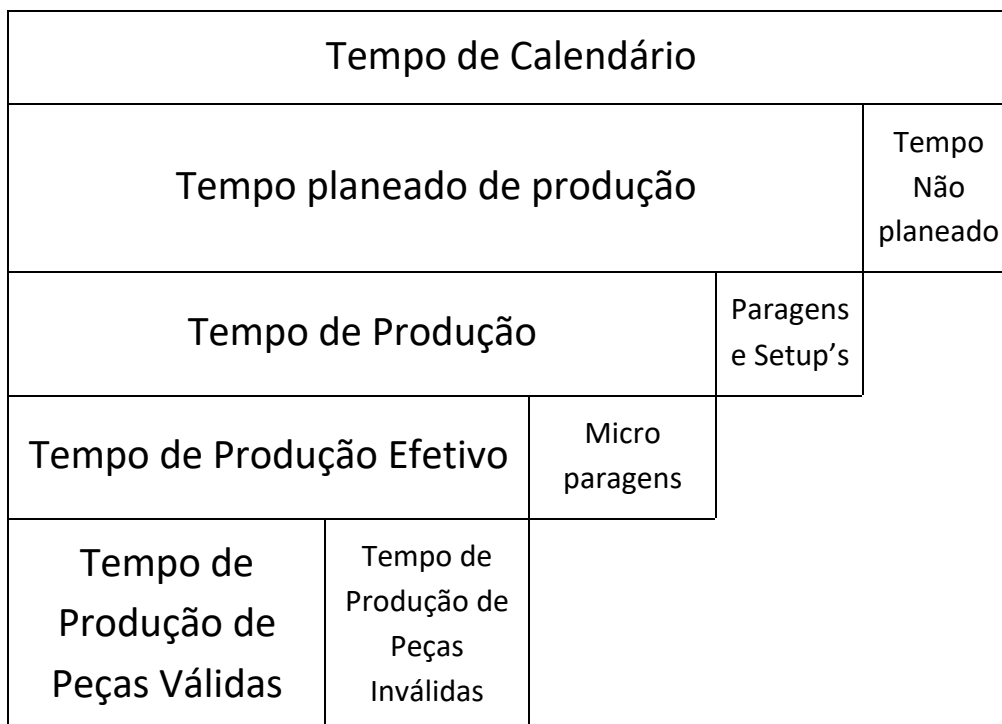


Figura 6 – Diagrama Temporal de tempo para variáveis OEE

3. ANÁLISE E MELHORIA DOS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO

O terceiro capítulo intitulado por “Análise e Melhoria dos Processos de Manutenção”, foca-se na análise e no mapeamento dos processos existentes na unidade fabril, assim como identifica lacunas e problemas inerentes a estes. Posteriormente, são apresentadas as propostas de melhoria e analisados os resultados obtidos.

3.1 ANÁLISE DOS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO EXISTENTES NA UNIDADE FABRIL

Neste subcapítulo analisam-se todos os processos, e identificam-se lacunas, existentes na estrutura da manutenção com foco principal no estudo e representação dos processos atuais da manutenção, desde a organização das equipas, à gestão de materiais e aprovisionamentos e à própria estratégia de manutenção. Termina com a proposta de melhoria resultante do exaustivo acompanhamento e medição dos processos.

3.1.1 Organização dos processos de manutenção

No que aos processos de manutenção da unidade fabril em estudo diz respeito, podemos dividi-los em 4 grupos. O primeiro é a gestão e controlo das operações de manutenção, o segundo é a gestão da equipa, o terceiro é a gestão da informação e por último um mais abrangente que é a gestão da manutenção.

3.1.1.1 Processo Gestão e Controlo das Operações de Manutenção

Começando pelos processos de gestão e controlo das operações de manutenção, estava implementada a ideia principal que os processos de manutenção desenrolam-se principalmente em torno das avarias.

A Figura 7 mostra o menu do software SAP, que a produção usa para abrir as notas de avaria, onde a descrição tem um comprimento de 40 caracteres, todos os outros campos são pré-preenchidos, limitando portanto a explicação e clareza do problema.

Parte objecto		Sintoma Dano.		Cód. Causa	
Cód.	Texto breve para o código	Cód.	Texto breve para o código	Cód.	Texto breve para o código

Figura 7 – MENU para abertura de uma nota de avaria.

Quando um turno inicia o seu trabalho, há uma passagem das avarias que estão a acontecer no momento e informalmente descrevem o que está a acontecer e o que foi feito. Estas avarias, são na maioria das vezes transmitidas por contato direto entre os operadores ou responsáveis de produção com os técnicos de manutenção, engenheiros de manutenção ou responsável de manutenção, dependendo da gravidade da avaria.

Se desta avaria resultar a necessidade de requisitar peças, então, se ainda não o tiverem feito, os técnicos de manutenção pedem abertura de OT (Ordem de Trabalho) aos responsáveis de linha ou responsáveis de produção. Após abertura da OT, os técnicos requisitam, no software SAP a peça que pretendem e se houver em stock ligam para o Team Leader para que este se desloque ao armazém e traga com ele a peça necessária.

Ainda na gestão e controlo das operações de manutenção, os especialistas estão responsáveis por acompanharem o plano de manutenção anual do seu setor e em conjunto com o engenheiro de manutenção tentam marcar as manutenções preventivas com os responsáveis de produção. Estas manutenções acontecem, ou não, mediante o acordo que se conseguem com os responsáveis de produção e a disponibilidade dada pelos Team Leaders da sua equipa para apoio neste tipo de manutenções.

3.1.1.2 Processo de Gestão da Informação

Neste ponto descreve-se o processo de gestão da informação, iniciando pela organização do arquivo de documentação técnica, que está dividida por cada um dos 4 setores e duplicada no gabinete de manutenção. Seguindo com a gestão do armazém este está organizado por tipo de material, ou por tipo de fornecedor, ou por fabricante de um determinado equipamento, gerido por um responsável de armazém e uma assistente de manutenção, que têm como principais tarefas, introduzir no software SAP a entrada dos materiais que chegam dos fornecedores, para posteriormente introduzirem no software a informação de saída dos materiais, que foram reservados pelos técnicos de cada setor.

A Figura 8 mostra a arquitetura do software para operar o armazém.

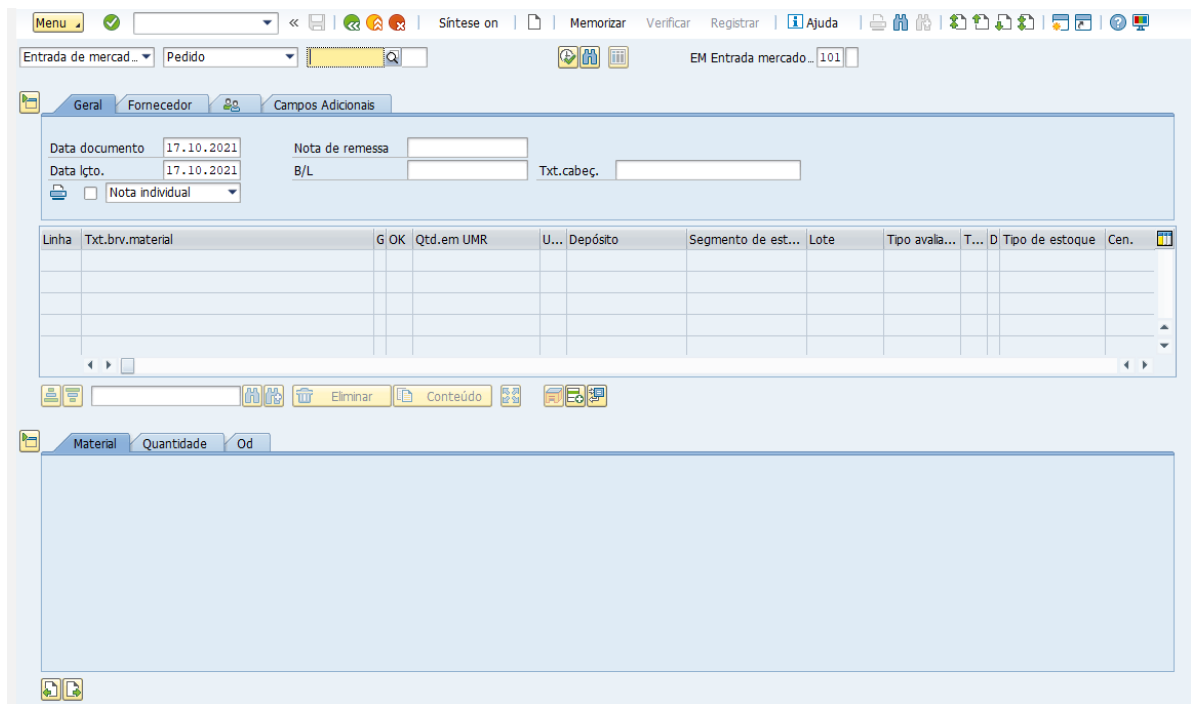


Figura 8 – Software SAP, módulo para operação do armazém

3.1.1.3 Processo de Gestão da Manutenção

Como último processo, aborda-se a gestão da manutenção.

Neste processo, referencia-se o software utilizado para controlar as atividades de manutenção, o software SAP, onde é possível consultar alguma informação das atividades de manutenção.

A Figura 9 mostra o MENU criado para aceder aos serviços de manutenção disponíveis.

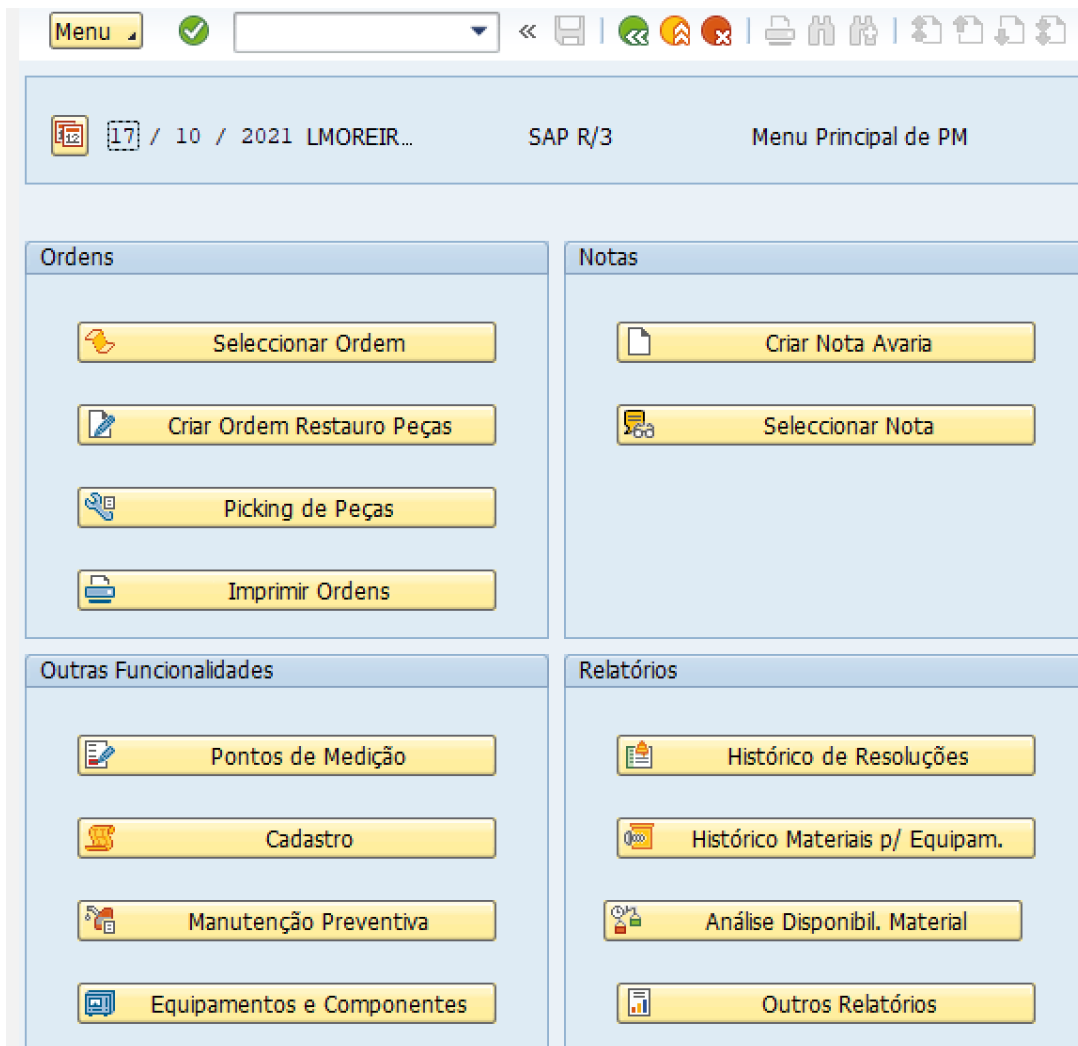


Figura 9 – Software SAP, Menu da manutenção

Ainda neste ponto da Gestão da Manutenção são englobados os indicadores da manutenção. Até há pouco não eram considerados e na realidade não existe um padrão claro nem atualizado sobre este tema. O que existe, se é que se pode chamar indicadores, é uma passagem de informação entre os pontos que faltam resolver que são levantados e discutidos uma vez por semana numa reunião entre a manutenção, produção, qualidade e segurança e higiene no trabalho.

3.1.2 Situação Atual das atividades de Manutenção

As atividades de manutenção decorriam um pouco da boa vontade de cada elemento, querendo com isto dizer que não existiam procedimentos ou tarefas minimamente

delineadas para as atividades diárias da manutenção. Um exemplo disso está representado na Tabela 4, onde mostra as OT's abertas, a vermelho que ainda ninguém tomou a iniciativa de tratar e a amarelo já alguém começou a tratar. É este *dashboard* de informação que os técnicos visitam regularmente para escolherem a OT onde vão intervir.

Seleção Ordens: Lista ordens

Monit.	Ordem	Tp.	Data-base inic.	Liberação real	Denominação do loc. instalação	Denominação do objeto técnico	Texto breve	Modif. por
○	10520994	ZM30	29.06.2021	09.07.2021	L. Enchimento Erca 1	Maq. ench. Erca 1	fuga misturadores	AQUINTINHA
○	10521042	ZM30	30.06.2021	30.06.2021	L. Enchimento Erca 2	Maq. agrup. packs 4px4x8	Packs descolados	ACTAVARES
○	10521141	ZM30	30.06.2021	01.07.2021	L. Enchimento Erca 1		temperatura leite instavel erca1	AQUINTINHA
○	10521356	ZM30	01.07.2021		CIP Iogurtes	Tanque desinfectante	pintar coluna atrás do tanque do mezzo	
○	10521440	ZM30	02.07.2021	16.07.2021	Iogurtes Sólidos	Bateria válvulas TS's	válvula s154xb22 a verter cip veio	AQUINTINHA
○	10521441	ZM30	02.07.2021	16.07.2021	Iogurtes Sólidos	Bateria válvulas TS's	válvula s153xb22 a verter cip veio	AQUINTINHA
○	10521442	ZM30	02.07.2021	16.07.2021	Iogurtes Sólidos	Bateria válvulas TS's	válvula s152xb22 a verter cipveio	AQUINTINHA
○	10521665	ZM30	05.07.2021	05.07.2021	L. Enchimento Erca 1	Agrupadora caixas 1	rolos agrupadora lsp	TDIAS
○	10521721	ZM30	05.07.2021	07.07.2021	L. Enchimento Erca 2	Maq. ench. Erca 2	Substituir rolo tração,veios e rolamento	TDIAS
○	10521735	ZM30	05.07.2021	01.09.2021	L. Enchimento Erca 2	Agrupador (4x1) nº2	substituir guias por roletos	AQUINTINHA
○	10521738	ZM30	05.07.2021	08.07.2021	L. Enchimento Erca 1	Maq. ench. Erca 1	OEE erca 1 continua sem funcionar	AQUINTINHA
○	10521744	ZM30	05.07.2021		CIP Iogurtes	Tanque agua recuperada	Válvula N1R1XVB02 verte pelo copo	AQUINTINHA
○	10521745	ZM30	05.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Preparação		lampada por cima manifold tbls n funcion	
○	10521746	ZM30	05.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Preparação		falta projector por cima do TBL4	
○	10521747	ZM30	05.07.2021		CIP Iogurtes	Bateria Válvulas CIP-IOG	tubo furado linha 1 junto TQ agua recupe	AQUINTINHA
○	10522031	ZM30	07.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Enchimento		Armazém piso-1 lâmpadas fundidas	
○	10522032	ZM30	07.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Enchimento		Proteção Lâmpada estalada camara frio 1	
○	10522034	ZM30	07.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Enchimento		2 lâmpadas fundidas Camara frio 2	
○	10522035	ZM30	07.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Enchimento		Piso-1 zona dos packs- 2 lamp. fundidas	
○	10522111	ZM30	08.07.2021	08.07.2021	L. Enchimento Erca 1	Divisor 1	varias paragens antes do detetor metais	AQUINTINHA
○	10522183	ZM30	09.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Enchimento		lampada entrada iogurtes (armazem)	
○	10522238	ZM10	04.08.2021		Camara Frigorifica Nº1 Iogurtes		Camara Frigorifica Nº1 Iogurtes (6M)	
○	10522239	ZM10	03.08.2021		Camara Frigorifica Nº2 Iogurtes		Camara Frigorifica Nº2 Iogurtes (6M)	
○	10522263	ZM10	10.08.2021		Infraestruturas Iogurtes Enchimento		Unid. Exautão WC Iogurtes (6M)	
○	10522266	ZM10	10.08.2021		Infraestruturas Iogurtes Preparação		Unid. Extração Balneários Iogurtes (6M)	
○	10522272	ZM10	03.08.2021	05.10.2021	Infraestruturas Iogurtes Enchimento	UTA nº4 - Iogurtes líquidos (Carrier)	UTA nº4 - Iog. líquidos(Carrier) (3M)	DAREIS
○	10522304	ZM10	04.08.2021		Camara Frigorifica Congelados		Camara Frigorifica Nº3 Congelados (6M)	
○	10522305	ZM10	30.07.2021		L. Enchimento Erca 1	Virador Packs - KSR	Virador Packs - KSR - Erca1 (1A)	DLOUREIRO
○	10522306	ZM10	23.07.2021		Ante-Camara nº2 Iogurtes	Evaporador nº10	Limpeza e Verificação Evaporador nº10..13	
○	10522320	ZM10	21.08.2021	10.09.2021	Lin. Pasteurização Iogurtes 8.000 l/h	Grupo de Válvulas Past. 8.000 IOG.	Revisão Manifold Válvula P8.000 (1A+3A)	DLOUREIRO
○	10522321	ZM10	30.08.2021	14.09.2021	Lin. Pasteurização Iogurtes 12.000 l/h	Permutador pasteurizador 12000	Revisão Manifold Válvula P12.000 (1A+3A)	AQUINTINHA
○	10522331	ZM30	09.07.2021	16.07.2021	L. Enchimento Erca 1	Maq. ench. Erca 1	Verificar circuito vacuo decor (entupido)	AQUINTINHA
○	10522559	ZM30	12.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Enchimento		2 lamp.fundidas sala packs ercas	
○	10522560	ZM30	12.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Enchimento		Sala ercas proteção ilum partida+2 fundi	
○	10522572	ZM30	12.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Preparação		Piso-1 Lamp.fundida elevador liq.	
○	10522574	ZM30	12.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Preparação		Saloa rotulos ercas lamp fundida	
○	10522576	ZM30	12.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Enchimento		Acrylic quadro ilu. sala packs ercas	
○	10522581	ZM30	12.07.2021	03.09.2021	L. Enchimento Erca 1	Maq. form. pack aries 1	8 vidros com humidade aries erca 1	TDIAS
○	10522586	ZM30	12.07.2021		Infraestruturas Iogurtes Enchimento		Lampada fundida sala de cartão líquidos	
○	10522614	ZM30	13.07.2021	14.07.2021	Iogurtes Batidos Líquidos	Tanque TBL4	válvula M154XB21 verte leite pelo veio	AQUINTINHA
○	10522615	ZM30	13.07.2021	14.07.2021	Iogurtes Batidos Líquidos	Tanque TBL7	válvula M154XB21 verte leite pelo veio	AQUINTINHA

Figura 10 – Dashboards trabalhos manutenção

As atividades mais controladas são as manutenções preventivas, uma vez que o software SAP está parametrizado para em cada altura do ano lançar atividades de manutenção preventiva. No entanto, não há garantias nem evidências que foram feitas, tal como registado, como não conforme numa atividade recente de auditoria.

O critério para lançamento de atividades de manutenção preventiva tem por consideração as manutenções recomendadas pelos fabricantes das máquinas e equipamentos.

Os planos de manutenção periódica são geridos de acordo com a Figura 11. O software lança os planos, ou seja, chegando ao período, por exemplo 1 ano, é gerada uma ordem de

trabalho, do tipo ZM10, automaticamente pelo software. Lançada esta ordem de trabalho, é da responsabilidade do especialista aceder à ordem, prever os materiais necessários para a manutenção e dependendo da dimensão da intervenção, em conjunto com o engenheiro de manutenção, agendar, discutir tarefas e concretizar.

Síntese dos itens de manutenção: tabela

Grupo	Pln.manutenção	Ordem	Dt.concl.	Semana	Pac.verif.	GPM	Centrab.	OSI	Texto plano mant.	Descrição item de manutenção	St.solicitado	Equipamento	Descrição	Nº solicitação	Nome	Estrat.	Prior.	It	
3532	100000059	18.09.2021	30.09.2021	2021/37	1A	120	PM010102	0101	Tanque TP2	Tanque TP2 - (1A)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000735	Tanque TP2	13	IP1020210802	TMPO		
1038	100000065	07.03.2021	2021/09	1A	180	PM010102	0101	180	Geral Pasteurizador 12.000 (1A+3A)	Geral Pasteurizador 12.000 (1A)	Programado,solicitado	(Ordem de manutenção)	20000594	Parmatizador past.	25	IP1020210201	TMPO	1-Muito elevado	
1039	100000066	10.01.2021	07.07.2021	2021/01	1A	180	PM010102	0101	180	Geral - Homogeneizador 8000 - (1A)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000595	Homogeneizador	12	IP1020210127	TMPO	1-Muito elevado	
1139	100000079	31.12.2021	2021/52	1A	180	PM010102	0101	180	Tanque TS1	Tanque TS1	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000608	Tanque TS1	14	TMPO			
1139	100000080	12.09.2021	06.10.2021	2021/36	1A	180	PM010102	0101	180	Tanque TS2	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000609	Tanque TS2	13	IP1020210827	TMPO		
1043	100000086	30.04.2021	07.06.2021	2021/17	6M	120	PM010102	0101	120	Atual Meturador (6M)	Revisão,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000749	Misurador	28	LMOREIRA	TMPO		
1043	04.12.2021	2021/48	6M	120	PM010102	0101	120	PM010102	0101	Atual Meturador (6M)	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000749	Misurador	29	TMPO			
1044	100000087	12.02.2021	15.02.2021	2021/06	3M	180	PM010102	0101	180	Dosamento Aromas - Erica 1 (3M+1A)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000494	Unidade dosam.	44	IP1020210201	TMPO		
1044	16.05.2021	07.06.2021	2021/19	3M	180	PM010102	0101	180	PM010102	0101	Dosamento Aromas - Erica 1 (3M+1A)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000494	Unidade dosam.	45	IP1020210423	TMPO	
1044	05.09.2021	13.09.2021	2021/35	3M 1A	180	PM010102	0101	180	PM010102	0101	Dosamento Aromas - Erica 1 (3M+1A)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000494	Unidade dosam.	46	IP1020210827	TMPO	
1044	12.12.2021	2021/49	3M	180	PM010102	0101	180	PM010102	0101	Dosamento Aromas - Erica 1 (3M+1A)	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000494	Unidade dosam.	47	TMPO			
1045	100000088	05.02.2021	23.03.2021	2021/05	3M	180	PM010102	0101	180	Dosamento Aromas - Erica 2 (6M)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000495	Unidade dosam.	45	IP1020210201	TMPO		
1045	21.06.2021	26.07.2021	2021/25	3M	180	PM010102	0101	180	PM010102	0101	Dosamento Aromas - Erica 2 (6M)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000495	Unidade dosam.	46	IP1020210204	TMPO	
1045	24.10.2021	2021/42	3M 1A	180	PM010102	0101	180	PM010102	0101	Dosamento Aromas - Erica 2 (6M)	Programado,solicitado	(Ordem de manutenção)	20000495	Unidade dosam.	47	IP1020210927	TMPO		
1047	100000090	26.05.2021	2021/21	1A	210	PM010102	0101	210	Tanque soda - CPJ Iogurtes	Tanque soda - CPJ Iogurtes	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000444	Tanque soda	13	TMPO			
1048	100000091	25.04.2021	2021/16	1A	210	PM010102	0101	210	Tanque ácido - CPJ Iogurtes	Tanque ácido - CPJ Iogurtes	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000445	Tanque ácido	13	TMPO			
1049	100000092	23.05.2021	2021/20	1A	210	PM010102	0101	210	Tanque desfeitecete - CPJ Iogurtes	Tanque desfeitecete - CPJ Iogurtes	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000446	Tanque desfeitec.	13	TMPO			
1050	100000093	23.05.2021	14.07.2021	2021/20	1A	210	PM010102	0101	210	Tanque agua-CPJ Iogurtes	Tanque agua-CPJ Iogurtes	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000447	Tanque agua	11	IP1020210507	TMPO	
1051	100000094	23.05.2021	14.07.2021	2021/20	1A	210	PM010102	0101	210	Tanque agua recuperada - CPJ Iogurtes	Tanque agua recuperada - CPJ Iogurtes	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000448	Tanque agua rec.	11	IP1020210507	TMPO	
1052	100000095	23.05.2021	2021/20	1A	210	PM010102	0101	210	Tanque agua quente - CPJ Iogurtes	Tanque agua quente - CPJ Iogurtes	Programado,solicitado	(Ordem de manutenção)	20000449	Tanque agua qu.	13	IP1020210507	TMPO		
1058	100000102	05.04.2021	2021/14	6M	180	PM010102	0101	180	Maq. -Maq. agrup. pacos 4P+6S (6M)	Maq. -Maq. agrup. pacos 4P+6S (6M)	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000502	Maq. agrup. pac.	26	TMPO			
1058	02.10.2021	2021/39	6M	180	PM010102	0101	180	PM010102	0101	Maq. -Maq. agrup. pacos 4P+6S (6M)	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000502	Maq. agrup. pac.	27	TMPO	1-Muito elevado		
1060	100000104	02.04.2021	2021/13	1A	180	PM010102	0101	180	Carregadora calas - Erica 2 (1A)	Carregadora calas - Erica 2 (1A)	Programado,solicitado	(Ordem de manutenção)	20000566	Carregadora cal.	12	IP1020210226	TMPO	1-Muito elevado	
1198	100000105	02.04.2021	23.09.2021	2021/13	1A	180	PM010102	0101	180	Formadora calas2 - Erica2 - (1A)	Formadora calas2 - Erica2 - (1A)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000489	Formadora calas.	12	IP1020210226	TMPO	1-Muito elevado
1061	100000106	02.04.2021	2021/13	1A	180	PM010102	0101	180	Agрупadora calas2 - Erica2 - (1A)	Agрупadora calas2 - Erica2 - (1A)	Programado,solicitado	(Ordem de manutenção)	20000503	Agрупadora cala.	12	IP1020210115	TMPO	1-Muito elevado	
1064	100000109	05.04.2021	01.06.2021	2021/14	6M	180	PM010102	0101	180	Maq. - pack anes 1 - Erica 1 - (6M)	Maq. - pack anes 1 - Erica 1 - (6M)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000506	Maq. form. pack	21	IP1020210314	TMPO	1-Muito elevado
1064	02.10.2021	2021/39	6M	180	PM010102	0101	180	PM010102	0101	Maq. - pack anes 1 - Erica 1 - (6M)	Programado,solicitado	(Ordem de manutenção)	20000506	Maq. form. pack	22	IP1020210827	TMPO	1-Muito elevado	
1066	100000111	21.12.2021	2021/51	1A	180	PM010102	0101	180	Carreg Calas 1- Erica 1 - (1A)	Carreg Calas 1- Erica 1 - (1A)	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000508	Carregadora cal.	13	TMPO	1-Muito elevado		
1068	100000112	13.02.2021	01.02.2021	2021/06	1A	180	PM010102	0101	180	Agрупadora calas 1- Erica 1 - (1A)	Agрупadora calas 1- Erica 1 - (1A)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000509	Agрупadora cala.	12	IP1020210228	TMPO	1-Muito elevado
1069	100000113	12.05.2021	22.06.2021	2021/19	6M	180	PM010102	0101	180	Vedantes - Maq. ench. Remy 1- (6M)	Vedantes - Maq. ench. Remy 1- (6M)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000510	Maq. ench. Rem.	32	IP1020210414	TMPO	
1069	19.12.2021	2021/50	6M	180	PM010102	0101	180	PM010102	0101	Vedantes - Maq. ench. Remy 1- (6M)	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000510	Maq. ench. Rem.	33	TMPO			
1073	100000117	07.12.2021	2021/49	1A	180	PM010102	0101	180	Posmat - -Ozr1 - (1A)	Posmat - -Ozr1 - (1A)	Programado,solicitado	(Ordem de manutenção)	20000514	Possonador gar.	13	IP1020210115	TMPO	1-Muito elevado	
1077	100000121	26.02.2021	2021/08	6M	180	PM010102	0101	180	Maq. - Pack Anes 3 - Ozr 1 (6M)	Maq. - Pack Anes 3 - Ozr 1 (6M)	Programado,solicitado	(Ordem de manutenção)	20000519	Maq. form. pack	23	IP1020210604	TMPO		
1077	25.08.2021	2021/34	6M	180	PM010102	0101	180	PM010102	0101	Maq. - Pack Anes 3 - Ozr 1 (6M)	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000519	Maq. form. pack	24	TMPO	1-Muito elevado		
1081	100000125	14.12.2021	2021/50	1A	180	PM010102	0101	180	Posmat - Remy 2 - (1A)	Posmat - Remy 2 - (1A)	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000523	Possonador gar.	17	TMPO	1-Muito elevado		
1082	100000126	21.01.2021	06.02.2021	2021/03	3M	180	PM010102	0101	180	Remy2(OP3) - Vedantes Bicos (3M)	Remy2(OP3) - Vedantes Bicos (3M)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000524	Maq. ench. Rem.	65	IP1020210201	TMPO	
1082	07.05.2021	18.06.2021	2021/18	3M	180	PM010102	0101	180	Remy2(OP3) - Vedantes Bicos (3M)	Remy2(OP3) - Vedantes Bicos (3M)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000524	Maq. ench. Rem.	66	IP1020210423	TMPO		
1082	16.09.2021	22.09.2021	2021/37	3M	180	PM010102	0101	180	Remy2(OP3) - Vedantes Bicos (3M)	Remy2(OP3) - Vedantes Bicos (3M)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)	20000524	Maq. ench. Rem.	67	IP1020210908	TMPO		
1082	21.12.2021	2021/51	3M	180	PM010102	0101	180	PM010102	0101	Remy2(OP3) - Vedantes Bicos (3M)	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000524	Maq. ench. Rem.	68	TMPO			
1084	100000128	14.12.2021	2021/50	1A	180	PM010102	0101	180	Encaixadora carne Remy2	Encaixadora carne Remy2	Programado,espera	(Ordem de manutenção)	20000526	Encaixadora ce.	13	TMPO	1-Muito elevado		
100	100000137	14.01.2021	05.03.2021	2021/03	6M	340	DM010101	0101	340	Formas Envolvidas 101 - Inoculadas (6M)	Formas Envolvidas 101 - Inoculadas (6M)	Programado,Concluido	(Ordem de manutenção)			51	IP1020210111	TMPO	1-Muito elevado

Figura 11 – Tabela de histórico e planeamento dos planos de manutenção

No caso de manutenções com fornecedores externos, cabe ao engenheiro de manutenção marcar e garantir que as manutenções são efetuadas nos tempos acordados. Para isso, são acordadas paragens com os responsáveis de produção, através de email, dias antes da intervenção.

Acordada a manutenção com ambas as partes, são colocadas no calendário partilhado (partilhado com técnicos de manutenção, responsáveis de produção, especialistas, engenheiros de manutenção e responsável de manutenção) de acordo com exemplo da Figura 12.

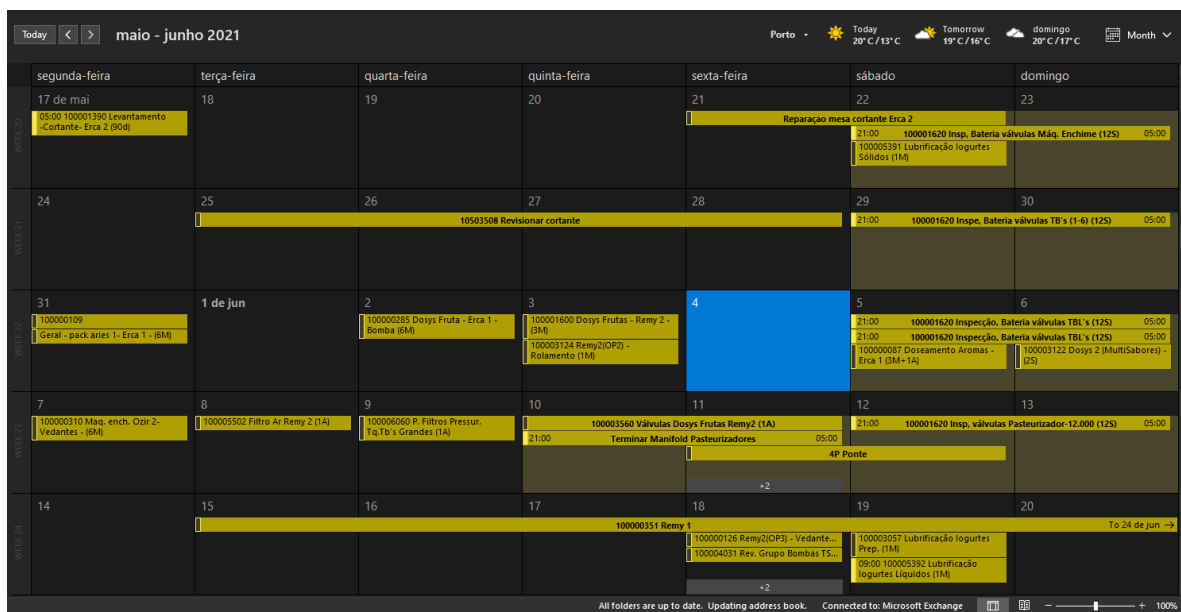


Figura 12 – Calendário partilhado agendamento manutenções preventivas

3.1.3 Sistema de gestão para as atividades de manutenção

O único sistema usado para gestão de históricos e avarias dos equipamentos é o SAP, com o módulo *Plant Maintenance* (PM). Este módulo PM, tem tabelas e variáveis desenvolvidas diretamente para a manutenção.

Este software permite que os responsáveis de manutenção ou os responsáveis de produção ou operadores de produção, abram OT's, associadas a cada equipamento produtivo. Por sua vez, os técnicos de manutenção conseguem consultar o histórico de intervenções e materiais utilizados.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DE PROBLEMAS

Neste ponto da dissertação listam-se os problemas resumidos, inicialmente, na Tabela 3.

Tabela 3 – Problemas dos processos em estudo

Processo	Descrição	Problemas
Gestão e controlo das operações de manutenção	Elevada quantidade de ordens de trabalho Curativas abertas	Número elevado de ordens de manutenção abertas, não sendo possível de antemão identificar se estão abertas porque ainda não foram tratadas ou se estão abertas porque simplesmente esqueceram de fechar.
	Elevada quantidade de ordens de trabalho Preventivas abertas	Número elevado de ordens de manutenção preventivas em aberto, tornando impercetível se o plano de manutenção está cumprido ou se está em atraso, sendo sempre necessário confirmar com o técnico especialista se foi ou não executada esta ordem.
	Elevada quantidade de ordens de trabalho Preditivas abertas	Existe um número elevado de ordens predictivas em aberto, neste caso, ordens com alguns anos, descredibilizando naturalmente o conceito para o qual foram criadas.
Gestão da Equipa	Falta de Formação e informação das equipas de manutenção	Notória falta de partilha de informação, entre os técnicos mais experientes e os recém-contratados, levando a um aumento de despedimentos. Falta de formação entre as equipas de manutenção, técnicos com ausência de formação há diversos anos.
Gestão da Informação	Escassa documentação técnica de suporte	Deficiente biblioteca de documentação dos equipamentos. Sempre que era necessário consultar informação poderá demorar horas até a encontrar, quando efetivamente existia.
	Pobre gestão do armazém de Manutenção	O processo de entrega dos materiais aos setores é feito pelos Team Leaders, o que provoca por vezes, uma paragem de uma máquina desde a reserva do material pelo técnico do setor, até ao contato com o Team Leader para que este a levante em armazém.
Gestão da Manutenção	Software de gestão da Manutenção desatualizado	Software SAP criado à medida em meados de 2007 e sem evolução até à data. Difícil extração de informação e ausência de indicadores históricos de consumo.
	Falta indicadores de manutenção	As atividades de manutenção não estão a ser medidas, levando a questões de taxas de ocupação dos técnicos de manutenção, ficando sem argumentos para decidir se, o número de técnicos é o suficiente face às necessidades.

3.2.1 Elevada quantidade de ordens de trabalho Curativas abertas

Tal como abordado na revisão de literatura, desta dissertação, as ordens de manutenção curativa acarretam elevados e imprevisíveis custos de manutenção.

Desta forma, elege-se este problema, como o mais relevante de ser tratado, uma vez que, para conseguirmos medir teremos de confiar nos processos por forma a conhecer números exatos de ordens de trabalho curativa que estão a acontecer neste momento ou num período pré-determinado.

A Figuras 13 e 14 mostram dois excertos das 2203 ordens em aberto, onde a primeira data de 11 de novembro de 2019 e a última naturalmente do dia em que foi retirada esta informação, 31 de Agosto de 2021.

Podemos ainda dividir estas OT's por setores, chamamos de setor A, B, C e D, onde cada setor corresponde a uma nave industrial. Em cada nave industrial é produzido um produto diferente.

O setor que servirá de projeto piloto para este trabalho, é o setor A. Neste setor temos 579 ordens curativas em aberto, das 2203 ordens curativas referidas anteriormente.

Seleção Ordens: Lista ordens							
Monit.	Ordem	Tp.	Data-base inic.	Liberação real	Denominação do loc. instalação	Denominação do objeto técnico	Texto breve
○	10448881	ZM30	11.09.2019		Armazéns Secção Iogurtes		Guincho ponte rolante (PVC) mola partida
○	10452574	ZM30	16.10.2019		Produção Vapor	Caldeira nº1	Display Caldeira com falhas
○	10452706	ZM30	17.10.2019	22.03.2021	Ante-Câmara Expedição QJ		Colocar holofotes nas portas de cais log
○	10453380	ZM30	24.10.2019	24.10.2019	Lavagem de Caixas	Tunel Lavagem Caixas	substituir ecran quadr máquina cxs
○	10455072	ZM30	07.11.2019	22.01.2020	Infraestruturas Manteigaria		Protecção da tubagem de vapor corroida
○	10455355	ZM30	11.11.2019		Transformação ON-PACK		Máq.JetStamp790 (2 máqs)
○	10461288	ZM30	08.01.2020	23.01.2020	Cais Armazem LT. Pó		2 holofotes iluminar carga leite pó
○	10461880	ZM30	14.01.2020	14.01.2020	Produção Vapor	Caldeira nº1	instalar iluminacao nos niveis
○	10465641	ZM30	01.09.2021	26.02.2020	Infraestruturas ETEI		Remover tanques desodorização desativa
○	10469644	ZM30	30.03.2020	30.03.2020	Secagem		Filtros Piso2 ar quente 2 uni 10041933
○	10469930	ZM30	02.04.2020	02.04.2020	Prod. Ar Comprimido Secagem/Queijo	Torre Refrigeração Ar Compr. Quej...	instalar niveis electricos
○	10470098	ZM30	03.04.2020	04.04.2020	Pasteurização de Agua	Grupo de Bombas	bomba s801xm01
○	10471539	ZM30	22.04.2020	15.02.2021	Infraestruturas Produtos Compostos		tubo partido pela solda nos ts esgoto
○	10472499	ZM30	04.05.2020		Preparação Sumos		problemas no funil
○	10473403	ZM30	10.05.2020	14.05.2020	Infraestruturas Secagem		subst.lampadas escadaria e sala de quadr
○	10473727	ZM30	13.05.2020	29.10.2020	Infraestrutras CIP		mudar lampadas do cip
○	10476334	ZM30	03.06.2020	29.10.2020	Infraestruturas Armazens		Substituir lampadas no AMP
○	10477770	ZM30	17.06.2020		Infraestruturas Armazens		Limpar bacia de retenção no arm Quimico
○	10478106	ZM30	20.06.2020	15.10.2020	Infraestruturas Secagem		falta armação lâmpada
○	10478258	ZM30	22.06.2020		Infraestruturas Quejaria		Tampa Q,E bancada oficina manutenção
○	10478711	ZM30	25.06.2020	18.12.2020	Infraestruturas Armazens		Trocar torneira contentor Desinfetante
○	10479476	ZM30	01.07.2020		Ante-Câmara nº2 Iogurtes		colocação protecção maq estiravel armz f
○	10479686	ZM30	03.07.2020	18.12.2020	Infraestruturas Secagem		Pedal lava maos piso 1 danificado
○	10480461	ZM30	09.07.2020		Armazenamento Leite	Tanque de Leite Crú - TLC2	a verter oleo pelo agitador
○	10480842	ZM30	13.07.2020		Armazéns Secção Quejaria		Fixar suporte de prateleiro logistica
○	10482018	ZM30	23.07.2020	24.07.2020	Iogurtes Batidos 1	Tanque TB1	Agitador tb1 desceu
○	10482300	ZM30	27.07.2020		Laboratório Fabril		Perciana avariada lavagem
○	10482706	ZM30	30.07.2020		Cais Armazem LT. Pó		Verificar motor portas cais leite em pó.
○	10482873	ZM30	31.07.2020	04.09.2020	Desnate e Pasteurização de Soro	Tanque de Soro Crú - TSC1	base suporte TSC1 danificada
○	10483226	ZM30	03.08.2020	21.09.2020	Infraestruturas Armazens		Cais 19 - holofote interior fundido
○	10483252	ZM30	03.08.2020	13.08.2020	Linha Envio Armazenamento 11 -> 2..	Transporte de Pó	Atuador com problemas válvula desvio
○	10483408	ZM30	04.08.2020		Secagem	Camára de Secagem	Sonda Fs. 103.166 Alarme constante
○	10483409	ZM30	04.08.2020		Secagem	Camára de Secagem	Sonda Fs. 103.163 Alarme constante
○	10484369	ZM30	14.08.2020		Secagem	Camára de Secagem	fuga de ar martelo camara
○	10484773	ZM30	17.08.2020		Infraestruturas Iogurtes Enchimento		agua em projector por cima aries erca1
○	10484869	ZM30	18.08.2020	18.08.2020	Linha Fatiados n.º2	Maq. Detecção Fugas	PBI Densensor - Calibração Sensor CO2
○	10485492	ZM30	24.08.2020		Infraestruturas Armazens		arranjar rede zona biologicos
○	10485589	ZM30	25.08.2020	14.09.2021	CIP Concentrado	Tanque Ácido Concentrado	passador entrada acido concentrado fuga
○	10485779	ZM30	27.08.2020		Armazenamento Leite	Tanque de Leite Crú - TLC1	Agitador TLC 1 com ruido anormal
○	10486454	ZM30	02.09.2020	03.09.2020	L. Enchimento Erca 2	Unidade doseamento aromas	vedantes dozys aromas

Figura 13 – Ordens de Trabalho em aberto desde 2019

Seleção Ordens: Lista ordens							
Monit.	Ordem	Tp.	Data-base inic.	Liberação real	Denominação do loc. instalação	Denominação do objeto técnico	Texto breve
○	10527432	ZM30	27.08.2021		Batimento Manteiga nº4 (Contimab 2)		valvula 50 cont2
○	10527435	ZM30	27.08.2021	28.08.2021	Pasteurizador Nata 20,000/h		V50.10
○	10527446	ZM30	27.08.2021	27.08.2021	Infraestruturas Manteigaria		Torneiras avariadas lavatorio entrada
○	10527450	ZM30	27.08.2021	01.09.2021	Fabrico Mozarella	Máquina Cortadora Coalhada	Dobradça partida máquina cortadora mozz
○	10527451	ZM30	27.08.2021	27.08.2021	Salmoura Prato		contador de queijos/empurrador
○	10527452	ZM30	27.08.2021	27.08.2021	Lavagem de Caixas	Despaletizador - Caixas	garras descarregador em defeito
○	10527475	ZM30	28.08.2021	28.08.2021	Batimento Manteiga nº1 (Contimab 1)	Cip Contimab	Problema c/V7 C1
○	10527481	ZM30	28.08.2021	01.09.2021	Infraestruturas Quejaria		ventilador partido
○	10527499	ZM30	28.08.2021		Linha Enchimento Blipack 1		porta contentores c rodas encravadas
○	10527508	ZM30	28.08.2021		Enchimento de Sacos (25 Kg)	Robot Paletizador	correia branca transp paletizador
○	10527511	ZM30	29.08.2021	29.08.2021	Secagem	Atomizador Rotativo nº2	atomizador 2 avariado
○	10527524	ZM30	29.08.2021	29.08.2021	Batimento Manteiga nº1 (Contimab 1)		v7
○	10527525	ZM30	29.08.2021	29.08.2021	Batimento Manteiga nº1 (Contimab 1)		v17
○	10527531	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	L. Enchimento Erca 2	Maq. agrup. packs 4px4x8	emergência entrada 4P, não funciona
○	10527533	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	L. Enchimento Erca 2	Carregadora caixas 2	LSP arregadora cxs não trabalha
○	10527534	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	Paletização log. Líquidos		robot nao trabalha
○	10527535	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	L. Enchimento Ozir 2		avaria robot
○	10527536	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	L. Enchimento Erca 2	Maq. ench. Erca 2	tampa sai do ponto e fica torcida rolo
○	10527541	ZM30	30.08.2021	31.08.2021	Tanques Preparação TPF's Bola	Grupo Válvulas	valvula M152XVB01 em defeito
○	10527550	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	Paletização log. Sólidos		robot paletizador
○	10527551	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	L. Enchimento Erca 1	Maq. ench. Erca 1	Problemas no molde de formação, dedo.
○	10527552	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	Prensagem Moldes Prato	Prensa Pneumatica Vertical nº 4	sensor da aba avariado
○	10527553	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	L. Enchimento Remy 1	Maq. ench. Remy 1	prensa rasga tampa
○	10527554	ZM30	30.08.2021		Linha Enchimento Blipack 1		porta contentores c rodas encravadas
○	10527556	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	L. Enchimento Erca 1	Doseamento dozys 1 (Frutas)	Defeito fecho válvula V11, Dosys...
○	10527561	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	Embalamento Inteiros (Sala Castelões)		tapete transporte queijo nao anda
○	10527623	ZM30	30.08.2021		Linha Normalização Nº2	T2 - Separadora Centrífuga - MSU 1...	tm22 verde oleo pela tampa do carter
○	10527624	ZM30	30.08.2021		Armazenamento Cru	Tanque nº25	V25.17 verde pelo copo
○	10527632	ZM30	30.08.2021		Infraestrutras CIP		defeito concentração do açido
○	10527715	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	Desmolde e Lavagem Prato		Acumulador 3 moldes avariado
○	10527716	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	Tanques Assepticos	Tanque asseptico nº 3	Válvula 301 a verter
○	10527720	ZM30	30.08.2021	30.08.2021	Desmolde e Lavagem Bola/Barra	Desmolde de Queijo	cinta desmoldagem B/B
○	10527740	ZM30	31.08.2021	01.09.2021	CIP Recepção		mangueria de cip danificada
○	10527744	ZM30	30.08.2021	31.08.2021	Desmolde e Lavagem Bola/Barra	Desmolde de Queijo	avaria vacuo desmold b/b
○	10527746	ZM30	31.08.2021	31.08.2021	Armazenamento Leite	Tanque de Leite Crú - TLC3	sensor S153Z521 TLC 3
○	10527747	ZM30	31.08.2021	31.08.2021	Cubas Prato	Cuba Prato - CP2	abrir filtros cubas prato
○	10527749	ZM30	31.08.2021		Armazéns Automáticos Paletes LT - Pó	Estantes Paletização Automática	estante bloqueada armazen logistica
○	10527750	ZM30	31.08.2021	31.08.2021	Linha Enchimento Blipack 1		problemas com o vacuo das tacas
○	10527751	ZM30	31.08.2021	31.08.2021	Linha Enchimento Elton nº 1-4		problemas no doseador elton4
○	10527753	ZM30	31.08.2021	31.08.2021	L. Enchimento Erca 2	Maq. ench. Erca 2	tubo aspirador entupido

Figura 14 – Ordens de trabalho abertas até 31 de Agosto de 2021

Iniciando então no Setor A, neste horizonte temporal temos um total de 17372 OT's encerradas e um total de 579 OT's por encerrar o que nos dá um rácio de $(579/17951)$ 3,2% OT's não tratadas e 96,8% de OT's tratadas.

Nesta dissertação vamos começar com um projeto piloto no setor A, tal como já referido e vamos focar-nos no horizonte temporal do ano 2020, cujos dados são: - $125/5183=0,024=2,4\%$ ordens não tratadas, portanto em aberto e 0,0976 (97,6%) fechadas, ou seja, tratadas.

Daqui resta-nos identificar o indicador mencionado na maioria da literatura, como dos mais importantes para medir o desempenho da manutenção, e que representa efetivamente o desempenho real da manutenção, neste setor A. Referimo-nos ao indicador MTTR. Aqui, o tempo médio de fecho de uma ordem de trabalho (MTTR) é de 9,86 dias, o qual podemos analisar no Gráfico 1.

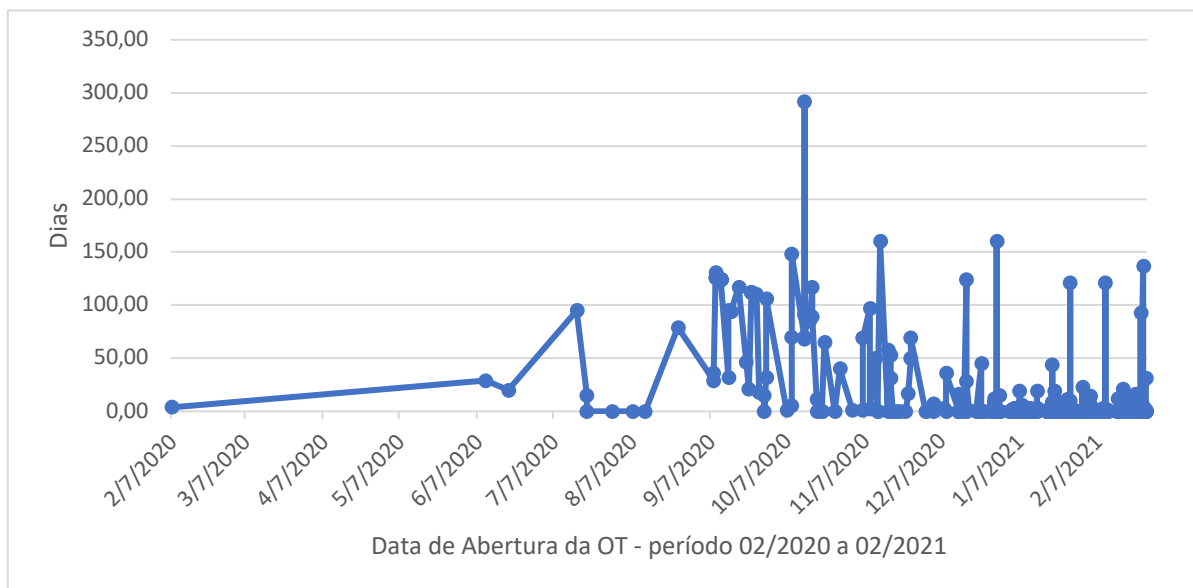


Gráfico 1 – Tempo de fecho de uma OT (ZM30) – Indicador (MTTR).

Claro está que uma boa percentagem deste alto indicador se deve ao desleixo da equipa de manutenção em fechar as OT's.

Segue-se a análise das ordens preventivas no subtópico seguinte.

3.2.2 Elevada quantidade de Ordens de Trabalho Preventivas Abertas

No que toca a Ordens de Trabalho Preventivo abertas, o conceito torna ainda mais crítico, visto que, se uma manutenção programada não for realizada, além de colocar o plano de manutenção em causa, pode a todo o momento provocar uma paragem no equipamento, quer seja por fadiga, quer seja por contaminações que podem passar para o produto final. Posto isto analisamos o rácio de OT's não tratadas entre 01 de Janeiro de 2020 e 01 de Abril de 2021 no sector A em estudo.

Quanto a números, foram fechadas 93,7% (1953 Ordens de Trabalho), OT's não tratadas 6,3% (131 Ordens de Trabalho).

3.2.3 Elevada quantidade de ordens de trabalho Preditivas abertas

Nas Ordens de Trabalho Preditivo, os indicadores são consideravelmente piores. Nestas OT's específicas, dá a sensação que as equipas de manutenção não compreenderam o conceito. Os indicadores destas OT's são: Tempo médio para fecho de uma OT, MTTR de aproximadamente 75 dias.

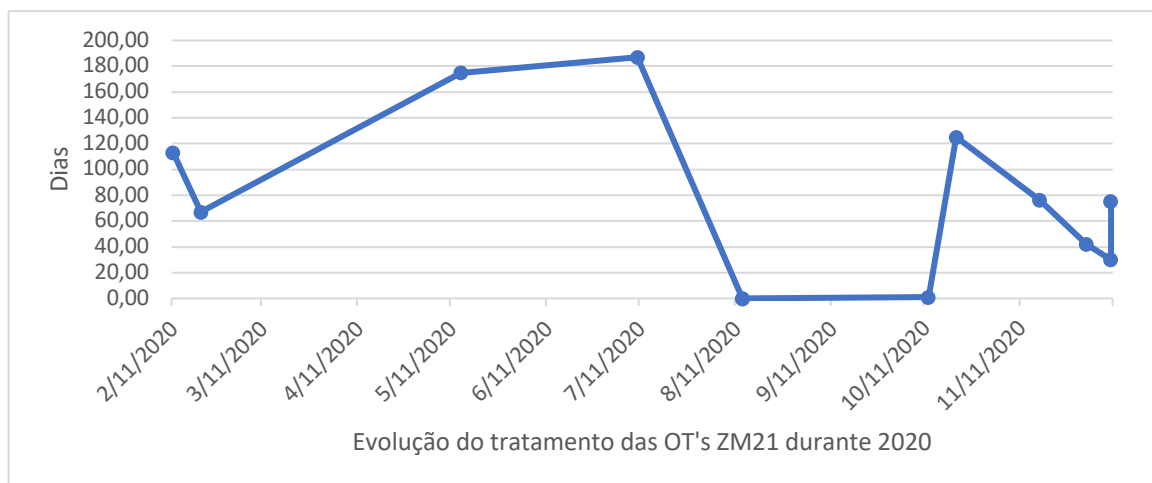


Figura 15 – Tempo de tratamento de uma ordem preditiva no ano de 2020.

Numa análise mais cuidada e colocando algumas questões, fica a sensação que tudo o que são serviços externos são alocados nestas OT's.

3.2.4 Falta de Formação e Informação das Equipas de Manutenção

A falta de formação das equipas de manutenção é evidente e tem alastrado a cada ano que passe. A empresa em estudo sofre frequentemente renovações e adições de equipamentos novos com a mais basta tecnologia presente no mercado.

A manutenção e operação destes equipamentos requer cada vez mais a atualização e o acompanhamento das equipas, quer da produção quer da manutenção no que à disponibilidade e habilidade no uso das novas tecnologias diz respeito.

Este tipo de equipamentos requer a aquisição constante de conhecimento e versatilidade que, muitas das vezes, as pessoas, principalmente com o avançar da idade, já não se sentem confiantes para operar e manter.

Outro tipo de formação importante é a comportamental, principalmente nas funções que têm de desempenhar um papel mais democrático, como sendo os Team Leaders, especialistas, engenheiros de manutenção e responsável de manutenção, devem aprender técnicas de comunicação eficazes e gestão estratégica para que, por exemplo em situações de stress saibam manter a postura e o foco.

O outro problema inerente a este, é o facto, recorrente, de toda a estrutura de manutenção não ser informada que uma determinada máquina irá ser instalada pelo fornecedor X na data Y. Logo não conhece, nem tem oportunidade de escolher o tipo de material que está previsto equipar aquele equipamento, nem quanto custará a sua manutenção.

Posto isto informar antecipadamente as equipas de manutenção da aquisição de equipamentos para que estas possam participar na solução, quer seja pela escolha de determinados materiais quer seja para em conjunto chegarem a uma solução equilibrada

e sobretudo para formar os operadores e manutenção quando à operabilidade e manutibilidade do equipamento.

3.2.5 Escassa Documentação técnica de suporte

Relativamente à documentação técnica de suporte aos equipamentos, existem pelo menos dois locais partilhados na rede interna em que um dos locais é alimentado por alguns técnicos de manutenção e o outro é alimentado por outros. No entanto nenhum tem uma estrutura lógica entendida por todos, tal como mostram as Figura 16 e a Figura 17, onde a primeira é o repositório utilizado pela hierarquia superior e o segundo utilizado pelos técnicos de manutenção.

Nome	Data de modificação	Tipo
@Direcção	06/05/2020 18:21	Pasta de ficheiros
@DMTGeral	25/11/2020 14:35	Pasta de ficheiros
0101-OA	28/01/2021 14:27	Pasta de ficheiros
0102-MO	27/02/2021 15:20	Pasta de ficheiros
0103-TO	04/12/2020 16:14	Pasta de ficheiros
AUTOMAÇÃO E CONTROLO	21/06/2021 12:03	Pasta de ficheiros
INFRAESTRUTURAS	02/03/2021 17:44	Pasta de ficheiros
PROJ-ESPECIAIS	05/03/2021 18:37	Pasta de ficheiros

Figura 16 – Repositório de documentação 1

Nome	Data de modificação	Tipo	Tamanho
Arquivo	07/07/2020 11:00	Pasta de ficheiros	
Biblioteca	06/08/2021 09:44	Pasta de ficheiros	
Bombas	19/12/2019 16:04	Pasta de ficheiros	
dados mensais	29/12/2020 11:57	Pasta de ficheiros	
Documentação	20/09/2021 22:13	Pasta de ficheiros	
Eng. Manutenção	21/07/2020 09:00	Pasta de ficheiros	
horarios	07/09/2021 19:42	Pasta de ficheiros	
Serviços Auxiliares	07/07/2021 15:17	Pasta de ficheiros	
Team Leaders	06/10/2021 19:53	Pasta de ficheiros	
Tecnicos Especialistas	13/04/2020 14:54	Pasta de ficheiros	
Cópia de Serviços OAZ_12_12_2019	16/12/2019 08:52	Folha de Cálculo ...	25 Kt
Lista OT's Queijo	23/09/2020 22:16	Folha de Cálculo ...	20 Kt

Figura 17 - Repositório de documentação 2

Existem ainda cinco repositórios físicos de arquivos técnicos, situados um em cada setor e outro no gabinete do responsável de manutenção. Este último funciona como uma duplicação dos outros quatro, no entanto, numa pesquisa mais fina e atenta, percebe-se que, sempre que falhou uma documentação no respetivo sector e esta foi levantada neste último arquivo e não mais a este retomou. Pelo que acontece frequentemente não estar disponível em nenhum arquivo!

Quando o fornecedor do equipamento ainda existe, é solicitada novamente e consegue-se recuperar o documento. No entanto existem máquinas com 30 e 40 anos das quais, uma vez perdida a documentação, não mais será recuperada.

A Figura 18 consta de uma fotografia de um repositório físico.



Figura 18 - Exemplo arquivo documentação técnica

3.2.6 Fraca Gestão do Armazém da Manutenção

No que à gestão do armazém diz respeito, é importante organizar acompanhar e associar materiais a equipamentos, isto é, o armazém está montado há muito tempo, com peças paradas há diversos anos. Além do problema do stock acumulado, não há real noção se

alguma vez irão ser utilizadas, ou se, por exemplo, o equipamento que consumia essa peça ainda existe.

O problema relatado leva a um segundo problema, que é a forma como o armazém está organizado. Ora está organizado por critério equipamento, ou seja, naquela zona está tudo relativo a um equipamento, no entanto numa análise mais fina depara-se que há material daquele equipamento, assim como, há materiais comuns a outros equipamentos e essa triagem não é garantida. Depois também há materiais organizados por tipo de material, por exemplo sondas de temperatura estão todas juntas, e nenhuma está associada a equipamento ou zona da fábrica, tal como os rolamentos, cartas de autómatos espalhadas por diversas zonas do armazém, etc.

Neste ponto há ainda uma necessidade de identificação de peças obsoletas e de identificação de duplicação de peças, uma vez que há fornecedores que colocam a sua própria referencia e não a do fabricante da peça, levando a que se compre stock em duplicado.

No que se refere à logística de peças e materiais de manutenção diz respeito, a organização está com um défice de gestão de tempo e recursos. A função esperada para um team leader é garantir a harmonia da equipa, gerir horários de cada turno, garantindo sempre a quantidade adequada de técnicos ao trabalho em cada turno. Atualmente, além das funções descritas, estes ainda estão à chamada de alguma peça urgente necessária entregar no setor. Ora claro está que isto leva a uma logística considerável.

3.2.7 Software de gestão da Manutenção desatualizado

No que toca ao software de gestão da manutenção o software usado é o SAP. Este software tem um vasto leque de opções administrativas e financeiras, no entanto o módulo PM (módulo SAP da manutenção) foi desenvolvido em 2008 pelos consultores SAP e uma pessoa desta empresa, no entanto a formação e informação ficou muito limitada a uma pessoa e nunca houve mais desenvolvimentos neste módulo. Atualmente é muito penoso

descobrir históricos de manutenção (histórico de peças substituídas por equipamento, histórico de tipos de manutenção efetuadas, histórico de tipos de avarias).

Aqui, e não longe do subtópico anterior, há falta de formação das equipas. É recorrente encontrar requisições de materiais associados a outros equipamentos porque era o mais fácil, era a ordem de trabalho que estava aberta. Ora, quando queremos um controlo fino da manutenção, perceber o histórico de operações e consumos isto não pode acontecer.

Atualmente, à exceção do responsável de manutenção e dos engenheiros de manutenção, ninguém consegue visualizar consumos de peças por equipamento, histórico de consumos, previsões de entrega de materiais, ou mesmo previsão de planos de manutenção.

Um outro problema, inerente a este, é o facto de falta de rigor e critério para a colocação de peças em armazém, uma vez que não existem peças associadas a equipamentos.

3.2.8 Falta de indicadores de manutenção

O processo de gestão da manutenção corre de acordo com o solicitado no momento pelos responsáveis de produção, ou seja, sempre que uma máquina para ou está prestes a parar. Desta forma, chegamos ao final do mês e não se consegue sequer ter noção do número de horas que a equipa trabalhou ou por exemplo o quanto eficientes foram, por exemplo no tempo de reparação de uma dada avaria, ou outro exemplo, perceber se depois da intervenção a máquina produziu durante um determinado tempo sem voltar a parar por avaria.

Sem dúvida que os indicadores são essenciais para a gestão da manutenção, principalmente quando falamos de uma estrutura com 40 técnicos de manutenção, 5 especialistas de manutenção, 2 engenheiros de manutenção, 1 responsável de manutenção, 1 diretor de manutenção e 265 equipamentos principais passíveis de manutenção de mais alto nível e detalhe técnico.

3.3 PROPOSTA DE MELHORIA DOS PROCESSOS DE MANUTENÇÃO

No seguimento do mapeamento, análise e estudo dos problemas identificados anteriormente, ao processo de manutenção, foram encontradas algumas melhorias passíveis de implementação e teste a esses processos. A Tabela 4, onde mostra um resumo das propostas de melhoria encontradas para minimizar ou ultrapassar os problemas anteriormente identificados.

Tabela 4 – Proposta de melhoria

PROCESSO	DESCRIÇÃO	PROPOSTA DE MELHORIA
GESTÃO E CONTROLO DAS OPERAÇÕES DE MANUTENÇÃO	Elevada quantidade de ordens de trabalho Curativas abertas	Elaboração de procedimentos para abertura, tratamento e encerramento de OT's curativas
	Elevada quantidade de ordens de trabalho Preventivas abertas	Parametrização do software SAP, bem como criação de procedimento para fechar OT e introdução do conceito TPM.
	Elevada quantidade de ordens de trabalho Preditivas abertas	Informação e formação do conceito de ordem preditiva à equipa de manutenção. Criação de procedimento para abertura e fecho da OT.
GESTÃO DE EQUIPA	Falta de formação e informação das equipas de manutenção	Reajuste nos horários para que haja sempre um sénior, um júnior e um estagiário ou recém-contratado, por forma a que haja partilha de conhecimento e experiências entre a equipa do turno. Levantamento de formação existente e ajustar a cada perfil.
GESTÃO DA INFORMAÇÃO	Escassa documentação técnica de suporte	Criação de repositório digital único, proposta de alteração do arquivo existente em cada sector e gabinete da manutenção. Formação e acompanhamento da evolução do repositório digital.
	Gestão desordenada do Armazém Manutenção	Criação de procedimento específico para criação de novas FNAM's e obrigatoriedade de associar artigo aos equipamentos, e reorganização do armazém.
	Desatualização do software de gestão da Manutenção	Proposta e acompanhamento da implementação do software para Monitorização e Controlo da Manutenção capaz de tratar os dados de SAP e disponibilizar informação tratada ao utilizador.
	Falta de indicadores de manutenção	Criação de indicadores base para medição do trabalho da manutenção, MTTR, MTBF e OEE.

3.3.1 Elaboração de procedimento para gestão de OT's curativas

Como proposta de resolução deste problema, tal como referido na tabela resumo, Tabela 4, foi proposto um procedimento para abertura, tratamento e encerramento de OT's curativas (ZM30).

Assim, iniciou-se uma abordagem junto dos intervenientes sensibilizando-os e recolhendo informação sobre o que faziam e abrindo discurso para o que poderia vir a ser feito com especial envolvimento dos técnicos de manutenção, cujo o trabalho deles estava para todos os efeitos refletido no número de OT's abertas. Embora até então isso não fosse medido, na realidade só conseguiríamos perceber o esforço de cada um, se medíssemos efetivamente o seu trabalho.

Começou-se por delinear alguns objetivos, introduziu-se os conceitos com os responsáveis de produção. Com as dúvidas e resistências normais à mudança, a adaptação a um procedimento de tratamento de avaria ficou interiorizado, marcando nesta fase o início da ligação entre produção e manutenção, que até então não existia.

Como sugestão na resolução deste problema foi proposto a adaptação/aperfeiçoamento do OEE que está implementado na maioria das linhas (ver Figura 34), mas que não é seguido ativamente por nenhum colaborador.

Este indicador OEE, como já explicado no ponto 2.8, o indicador OEE tem dupla função, ora indicar à produção a qualidade e quantidade de produção que as máquinas estão a conseguir alcançar e por outro lado indica se a máquina está com uma intervenção prolongada da manutenção. Essa intervenção é indicada mais detalhadamente pelo indicador MTTR. Indicador esse que indica o tempo médio que a manutenção demora a solucionar uma avaria, depois de esta acontecer.

Portanto, o objetivo da manutenção é minimizar o indicador MTTR. Para isso foi criado um procedimento tipo fluxograma, representado na Figura 19.

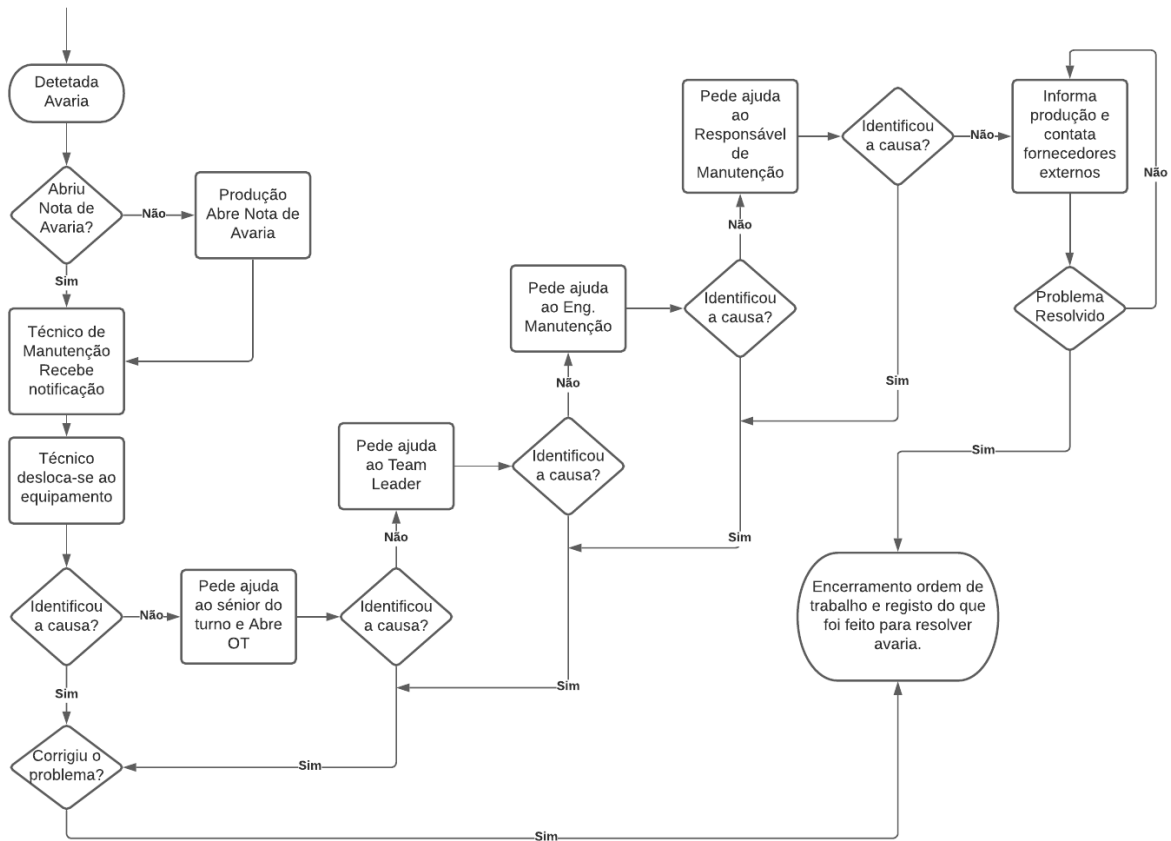


Figura 19 - Fluxograma do procedimento criado para abrir OT

Este fluxograma além de informar o que em cada nível deverá fazer em cada fase de evolução da avaria, tem ainda previsto feedback à produção sobre o desenrolar de todo o processo.

Depois de todo o processo estar devidamente implementado e acompanhado de perto, começou-se a notar uma descida acentuado do indicador MTTR desde Março de 2021, data à qual foi implementado o novo procedimento. Este procedimento é agora prática comum observável o que faz descer, em cerca de 6 meses, o indicador MTTR para 1,46 dias, conforme podemos ver no Gráfico 2.

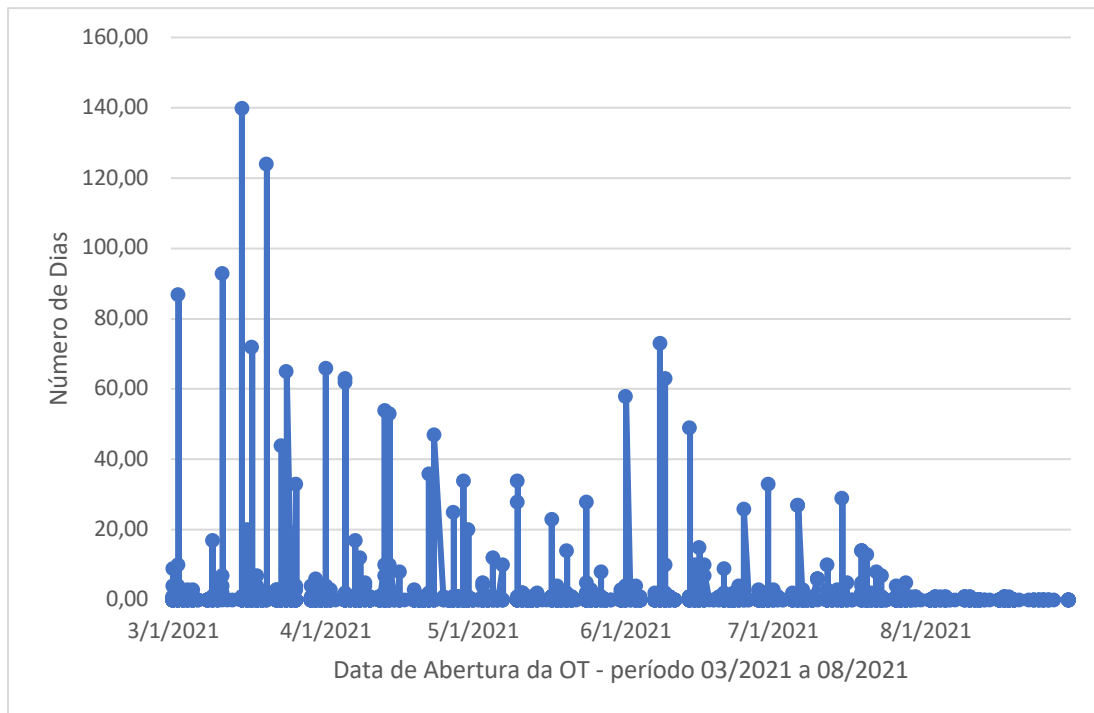


Gráfico 2 – Tempo de fecho de uma OT (ZM30) – Indicador (MTTR).

Esta descida acentuada do indicador MTTR ocorreu depois da introdução do procedimento da Figura 19 e da informação e formação dos técnicos para o conceito de indicadores, nomeadamente o indicador MTTR.

A tendência é notoriamente a queda, podendo mesmo prever-se que o indicador nos próximos meses baixe da unidade.


3.3.2 Parametrização do software SAP

Com esta proposta de melhoria conseguiu-se que o processo das compras de materiais se desenrole antes da data da manutenção preventiva. Com isto conseguiu-se evitar o atraso na execução das ordens preventivas, causadas por falta de material.

Desta sensibilização resultou a criação de procedimentos baseados no princípio de TPM (*Total Productive Maintenance*), onde os operadores começaram a participar ativamente nas manutenções preventivas, no diagnóstico, lubrificação e inspeção dos equipamentos, seguido de ordens de trabalhos concretas para que referenciem e registem sempre todas

as intervenções e mediante o resultado, alertem no imediato, ou arquivem os registos para sempre que detetem ou não mau funcionamento e/ou sugestão de melhoria seja reportado e fique registado.

A Figura 20 mostra um exemplo de uma operação de inspeção que o sistema SAP emiti no tempo pré-definido, para que seja feita pela produção.

ORDEM TRABALHO Nº10520107 

Inspeção, Bateria válvulas TP's (3M) PM - Preventiva Sistemática
 Garantia - Aberto

Equipamento - 20002325 - Bateria válvulas TP's Plano - 100001620
 Parte Objecto - Nº Série - NA
 Localização - Oliveira de Azemeis Modelo - NA
 Local - Preparação Prod. Compostos Ingredientaça
 Equipamento Superior - Nº imobilizado - 30019176
 C.Custo - 1121111610

Data: 21.06.2021 Hora: 10:15:41 Responsável:
 Criado por: IP1020210621 Data Prevista: 28.06.2021

Nº Nota: 10517267 Prioridade: Data: 21.06.2021 Hora: 10:15:40
 Inspeção, Bateria válvulas TP's (3M) Data desejada: 28.06.2021 Notificador:

OPER	SUB-OPER	DESCRIÇÃO	RUB
0010		-Inspeção e Verificação Trimestral	_____
0010	0010	Verificação de fugas de ar	
0010	0020	Verificação de fugas pelo vedante centra	
0010	0030	Verificação da sensorização	
0010	0040	Verificação de correcto funcionamento	
9000		Pós Manutenção:	_____
9000	0010	EFFECTUAR INSPECÇÃO FINAL, RETIRAR DO EQUIPAMENTO TODOS OS MATERI AIS USADOS, GUARDAR E CONFERIR AS FERRAMENTAS UTILIZADAS.	

Contador: Última contagem: 0 Contagem actual: _____

Figura 20 – Exemplo folha de registo de ordens de manutenção

Esta iteração teve resultados interessante ao nível prático que passo a explicar. Até à integração da produção nestas inspeções periódicas, eram técnicos de manutenção que faziam estas inspeções durante o fim de semana. Eis mais uma vantagem que não tínhamos considerado, a produção passou a fazer a verificação durante a semana, com os equipamentos em produção. A vantagem disto é que é muito mais eficaz para detetar

pontos de fuga de produto ou de fuga de ar comprimido ou mesmo vapor, porque todo o equipamento está em carga.

Para exemplificar o que fazer e ajudar a decidir no caso de dúvida, foi criado um procedimento representado através do fluxograma da Figura 21.

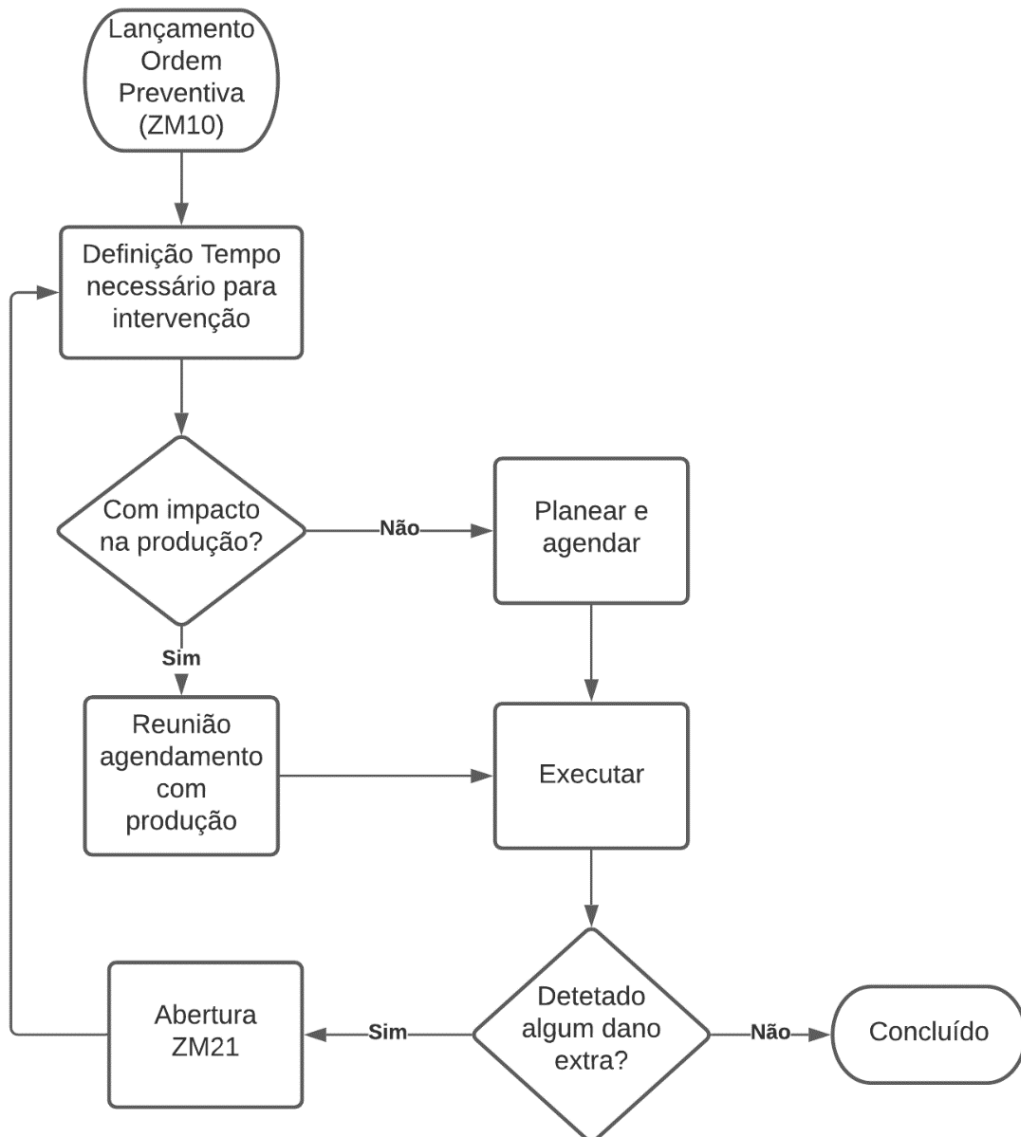


Figura 21 – Fluxograma ZM10

Para demonstrar o real impacto desta medida, segue o Gráfico 3, no qual estão representas as ordens, curativas, preventivas e preditivas no ano 2020 e cuja comparação com o Gráfico 4, permite constatar que há um aumento significativo das ordens preventivas

executadas, e apesar de se referir ao mês de Agosto, faltam ainda 4 meses até ao final do ano.

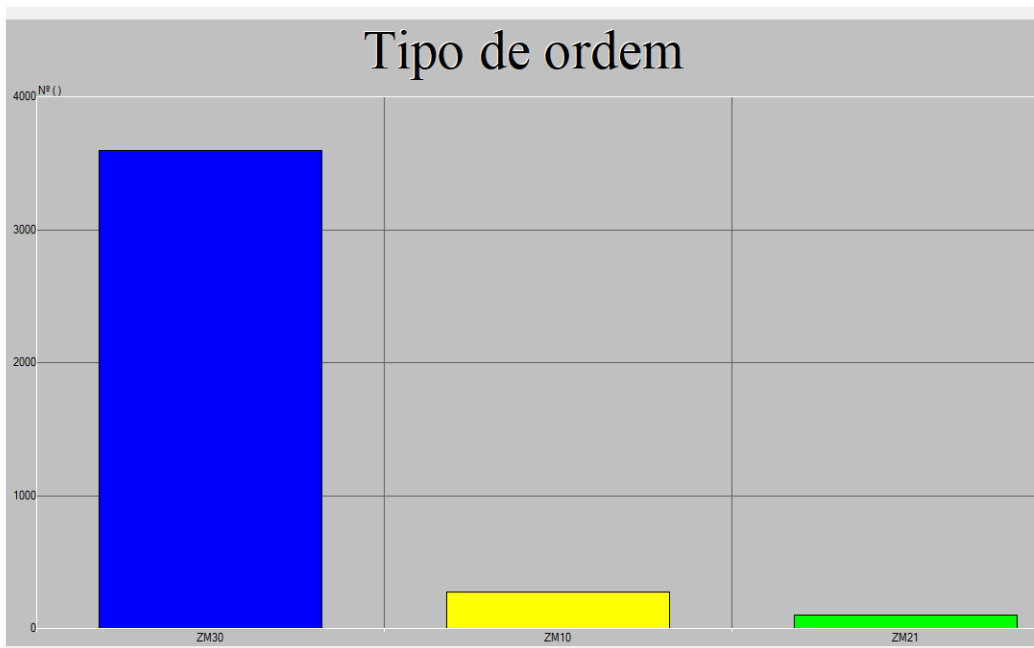


Gráfico 3 – Manutenções em 2020 (Curativas ZM30, preventivas (ZM10), preditivas (ZM21))

Por último, e no mesmo seguimento o Gráfico 4 aparenta indicar uma diminuição da diferença entre curativas e preditivas e curativa e preventivas.

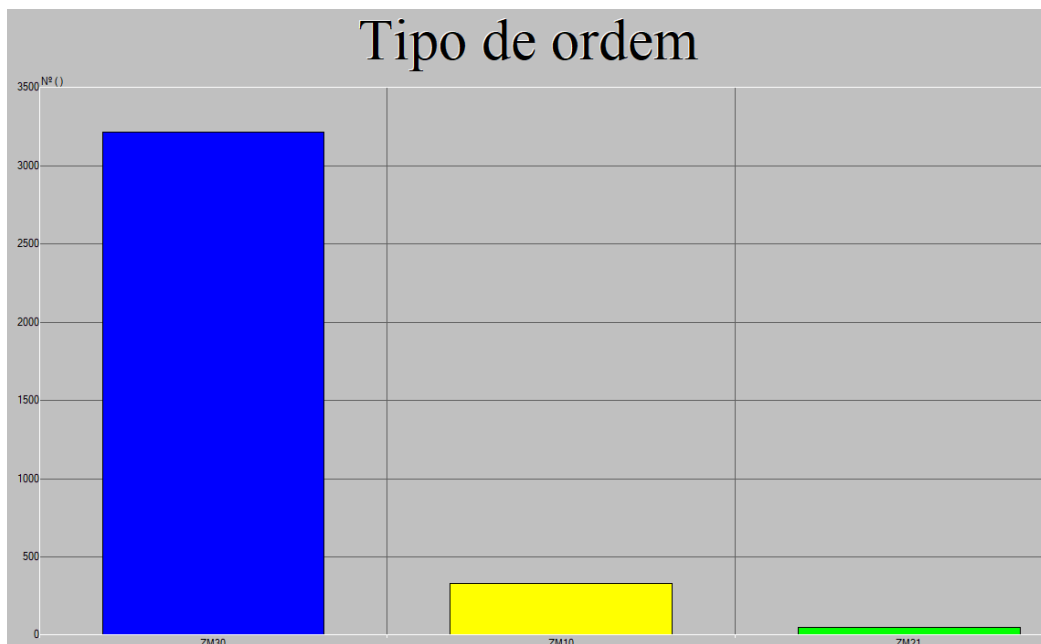


Gráfico 4 – Manutenções em 2021

3.3.3 Informação e formação do conceito de ordem preditiva à equipa de manutenção.

Em relação às ordens preditivas estas sofreram uma real mudança de paradigma e conceito. Estas ordens estão atualmente com relevância porque, no decorrer das operações de inspeção, por vezes, são detetados componentes com desgaste acentuado e neste momento, toda a estrutura sabe como proceder. Esta deteção pode ser feita pelos operadores de produção, rotinados nas tarefas de verificação programadas, no âmbito da implementação do TPM ou pelos próprios técnicos de manutenção.

O resultado está no número de OT's ZM21 abertas neste período, face ao período homólogo. A Figura 22, mostra o evoluir do MTTR no horizonte alargado de 2018 a 2021, e é notório a rapidez de resposta nestas OT's. Se isolarmos por ano, temos que 2020 o MTTR é de 75 dias e um ano depois, implementando todos os conceitos e procedimentos descritos até aqui, e representados no diagrama da Figura 23, o valor do MTTR em 2021, até ao mês de Agosto, está aproximadamente nos 15 dias, ou seja, reduzimos o indicador em 80%.

Como resumo dos últimos anos, para uma melhor perceção, segue a Figura 22, onde é possível ver a acentuada curva descendente no que toma ao indicador MTTR, deste tipo de ordens.

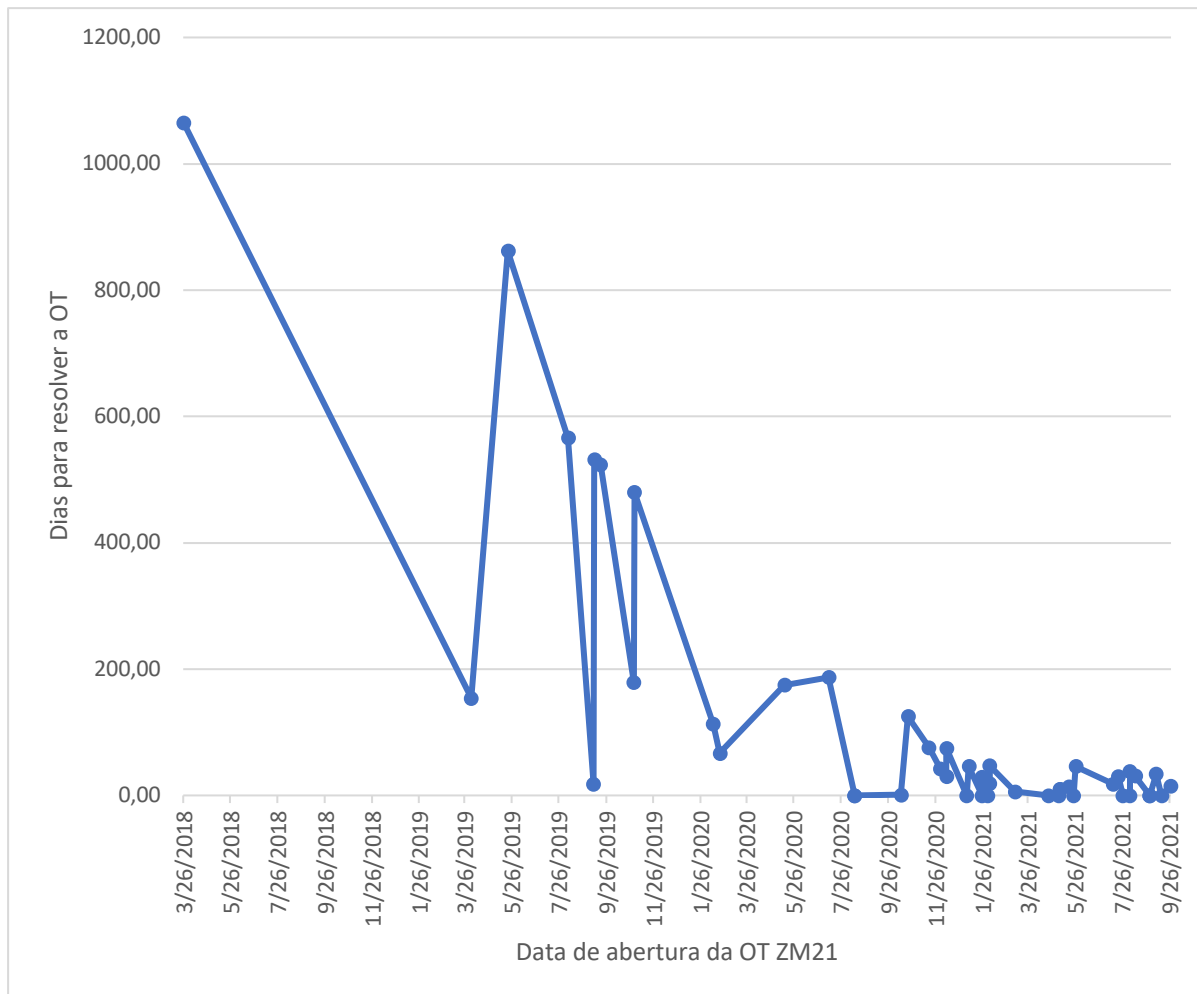


Figura 22 – Tempo histórico de fecho de uma ordem preditiva (ZM21) desde 2018 até 2021

O procedimento usado nestas tarefas está representado no fluxograma da Figura 23.

Neste fluxograma estão representados todos os passos para decisão do que fazer, perante deteção de uma possível melhoria, ou de um possível desgaste num determinado componente.

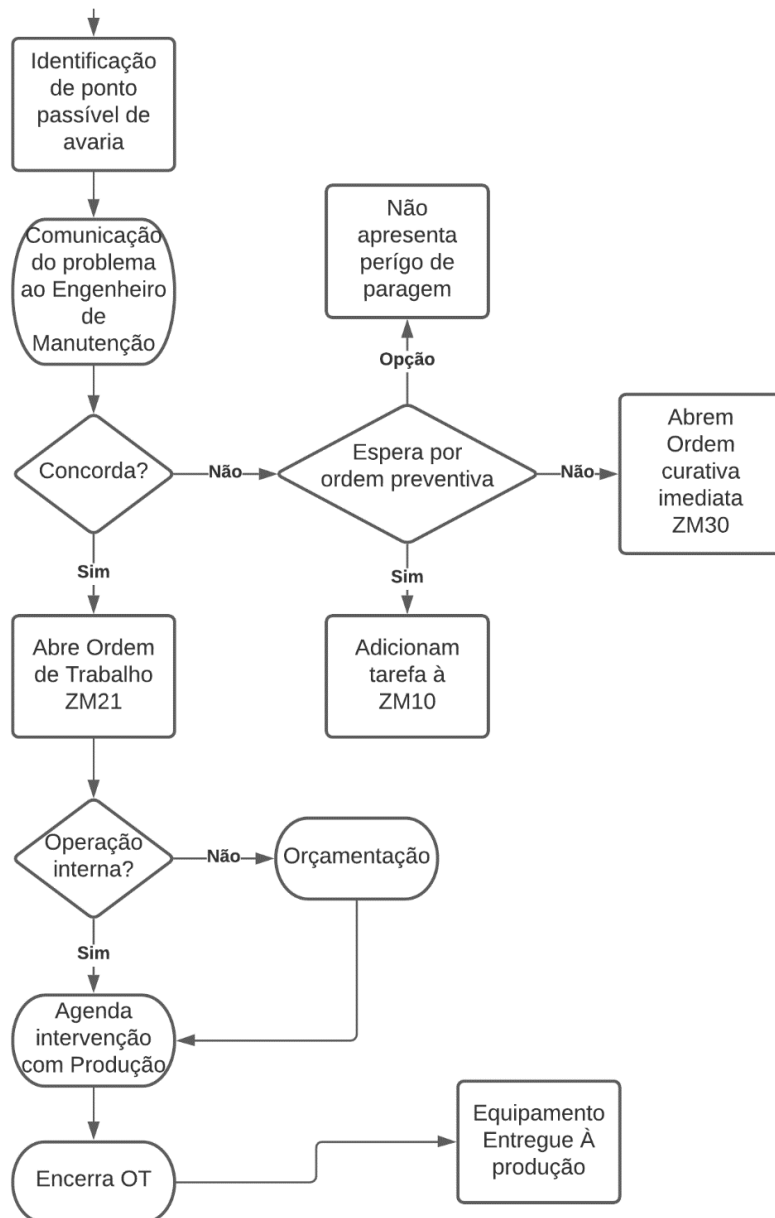


Figura 23 - Fluxograma Abertura Ordem Preditiva (ZM21)

3.3.4 Reajuste de horários

A solução para o problema de formação e informação, passou pelo reajuste nos horários colocando especificidades para que haja sempre uma pessoa com maior conhecimento no turno que tenha a capacidade de comunicar eficazmente com os parceiros mais juniores

ou aprendizes e os ajudem, os desenvolvam, os motivem e os apoiem na interação com os problemas e a ficarem autónomos para a maioria dos trabalhos de manutenção diários.

Esta medida foi adotada em Abril de 2021 e até à data Setembro 2021, não houve despedimentos neste setor, e pelo contrário, houve efetividade de 2 novos técnicos que têm apresentado uma boa resiliência nos cumprimentos das suas tarefas.

Uma outra vantagem de trabalhar com esta forma de equipa, é o feedback passado sobre pontos fortes e pontos a trabalhar em cada elemento da equipa.

No que à formação diz respeito, foi feito um levantamento das necessidades e da oferta do mercado nos tempos presentes, e encontrou-se formação na área da segurança de máquinas, que se desenrolou no mês de Maio e na área dos variadores e servomotores, que se julga bastante pertinente para a realidade da unidade fabril, foi proposta aos recursos humanos aguardamos neste momento número de vagas e informação mais clara para se desenrolar no próximo mês de Novembro.

Foi ainda identificada formação de caris comportamental que se enquadra nos perfis de maior liderança, Team Leaders, Engenheiros de Manutenção e Responsável de Manutenção que se desenrola no início de 2022.

Como resultados julga-se ter uma equipa mais motivada e disponível com maior segurança no assumir de uma avaria e dinamismo no levantamento de melhorias e manutenções preditivas que julguem pertinentes.

Um outro problema, ligado diretamente ao desigual desempenho de turnos de manutenção, está a passagem e fomentação interna do conhecimento.

É deveras evidente que a geração mais experiente não passa voluntariamente, nem a atual estrutura o força, para que exista uma real passagem de conhecimento entre técnicos.

Como resposta a este aparente problema, sugere-se uma nova estrutura de manutenção, onde, por turno, exista a obrigatoriedade de 1 técnico experiente, 1 técnico menos experiente e um aprendiz. Claro está que atualmente não há critério definido, sendo que

são todos tratados por igual e rodam entre si por conveniência ou por troca de horário, permanecendo frequentemente 2 técnicos aprendizes num turno. Ao garantirmos níveis de experiência diferentes, garantimos que os técnicos estarão juntos em avarias e ou manutenções preventivas, logo naturalmente, existe um envolvimento prematura dos técnicos recém-admitidos, aumentando naturalmente a motivação e o seu compromisso com a empresa.

3.3.5 Criação de repositório digital único.

Tal como referido anteriormente, a documentação é um problema na gestão da manutenção do parque de máquinas desta unidade fabril. A documentação que existia em papel está de acordo com a Figura 18 e a pouco que existia em formato digital está de acordo com Figura 24. A terceira opção seria falar com uma determinada pessoa para ver se estava na sua caixa de email, porque havia a possibilidade de esta pessoa se esquecer de colocar no repositório digital.

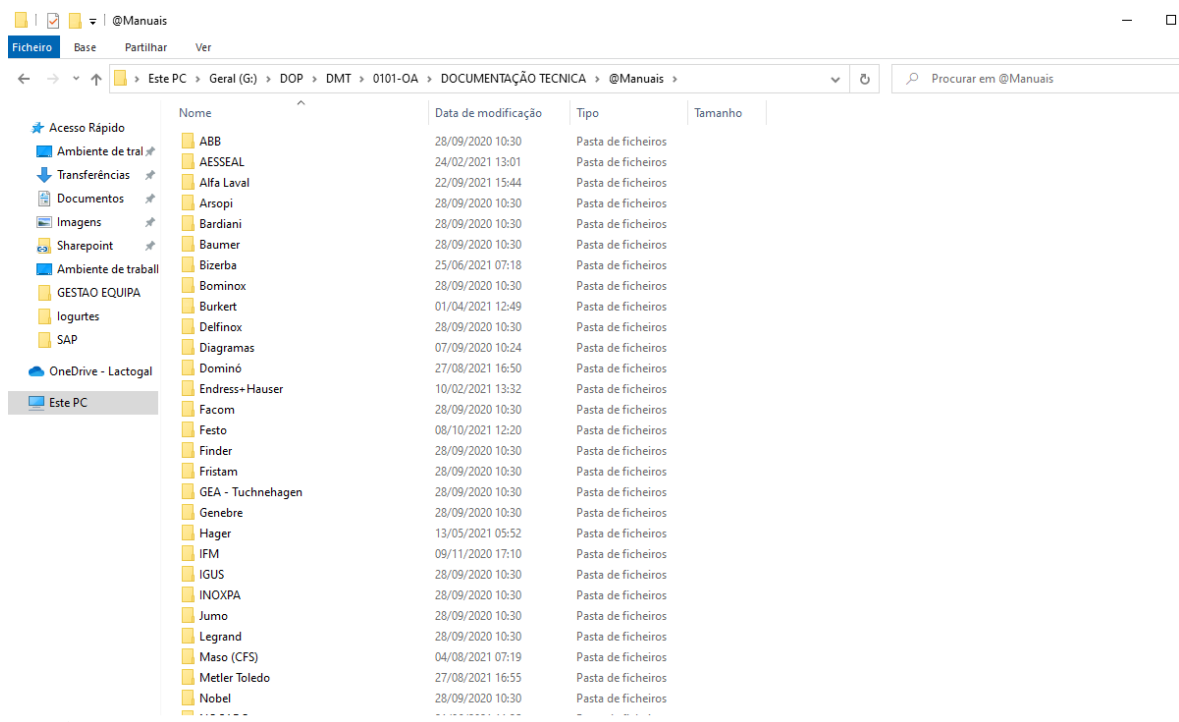


Figura 24 – Organização de um dos repositórios existente

Este é um problema real e crítico no nosso entendimento, porque na maioria dos casos, quando uma máquina para por avaria, por vezes é necessário recorrer aos manuais para tentar identificar possíveis problemas, ou para identificar determinadas peças, o que leva a má organização da documentação e faça com que a máquina esteja parada à espera que seja identificada a peça, para depois requisitar ao armazém para que seja entregue à equipa de manutenção do setor.

Cientes deste problema propôs-se identificar com numeração única cada máquina, e cada local de instalação, para por sua vez associar uma numeração única a cada parte estratégica da máquina, com um único número se chegue a toda a informação disponível do equipamento. Este número será igual ao existente no software SAP, tal como representa, em forma de exemplo a Figura 25, por sua vez será igual ao software de manutenção e fará, igualmente, parte dos relatórios dos lotes de produção de cada linha, para garantir a rastreabilidade total, com um único documento.

Local de instalação	0101	Vál.desde	08.10.2021
Descrição	Oliveira de Azemeis		
0101	Oliveira de Azemeis		
0101-0010	Recepção Normalização		
0101-0020	Tratamento		
0101-0030	Preparação Prod. Compostos		
0101-0030-A01	Armazenamento Açúcar		
20000749	Misturador		
20003059	Grupo de Bombas		
20003060	Grupo de Válvulas - Açúcar		
20003061	Doseamento de Desinfectante		
20005220	Silo Açúcar		
20005221	Balança de Açúcar		
20005222	Doseador de Açúcar		
20005223	Compressor do Açúcar		
0101-0030-B01	Ingredientação		
0101-0030-Z01	Infraestruturas Produtos Compostos		
0101-0060	Manteigaria		
0101-0070	Manteigaria Magra		
0101-0070-A01	Preparação		
0101-0070-B01	Pasteurização		
0101-0070-C01	Enchimento		
20000527	Datadora		
20002298	Maq. Enchimento		
20002980	Máquina de Corte		
20005198	Detector de Metais		
0101-0070-Z01	Infraestruturas Manteigaria Magra		
0101-0080	Pasteurizado Enchimento		
0101-0090	Sumos		
0101-0100	Iogurtes Preparação		
0101-0110	Iogurtes Enchimento		
0101-0120	Queijaria		
0101-0160	Secagem		
0101-0170	CIP		
0101-0180	Estação Tratamento Resíduos		
0101-0200	Serviços Auxiliares		
0101-0210	E.Cogeração		
0101-0220	Armazens		
0101-0230	Edifícios		
0101-0240	Oficina Manutenção		

Figura 25 – Definição dos locais de instalação e equipamentos

Como ponto de evolução já está em teste a colagem de etiqueta com QRCode, que deverá estar interligado com o software de manutenção e que por sua vez lista de imediato documentação de suporte à máquina, peças disponíveis, histórico de manutenções e avarias.

O armazenamento digital mais seguro e mais versátil, disponível na fábrica, é neste momento o *Sharepoint* da Microsoft®, tal como é mostrado na Figura 26.

Uma das grandes vantagens do *Sharepoint* é a versatilidade e operabilidade entre dispositivos móveis. Esta característica revela-se uma maior valia, para o caso em estudo. Um exemplo disso, é a possibilidade de criar link com um simples qrCode para que seja fácil e intuitivo consultar toda a informação da máquina.

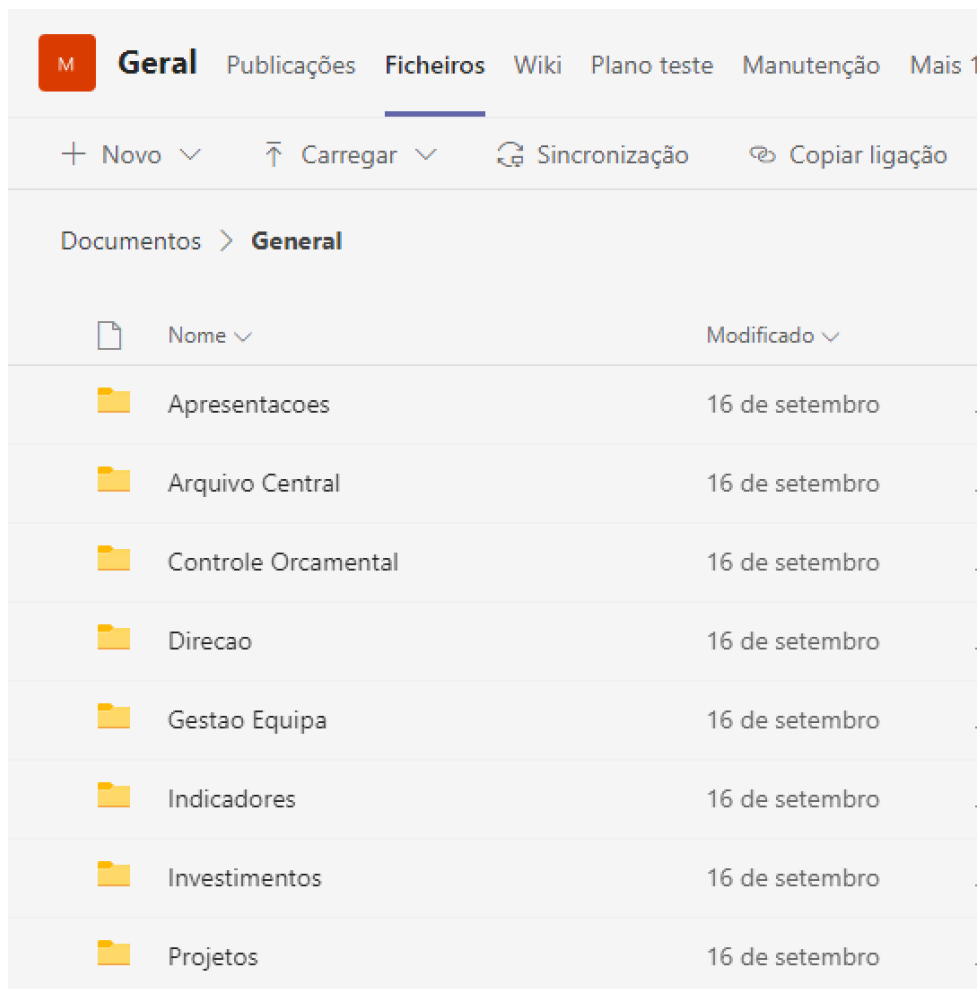


Figura 26 – Novo arquivo centralizado no sharepoint da Microsoft®

3.3.6 Criação de procedimento específico para criação de novas FNAM's.

A criação de FNAM's (Ficha Interna de Artigo de Manutenção) poderia ser solicitada por qualquer técnico sem qualquer tipo de validação, levando a que existissem artigos repetidos, sem equipamento associado, ou simplesmente a gerar stock sem qualquer tipo de controlo.

Para que fique claro foi criado um procedimento específico para abertura de FNAM de acordo com a Figura 27.

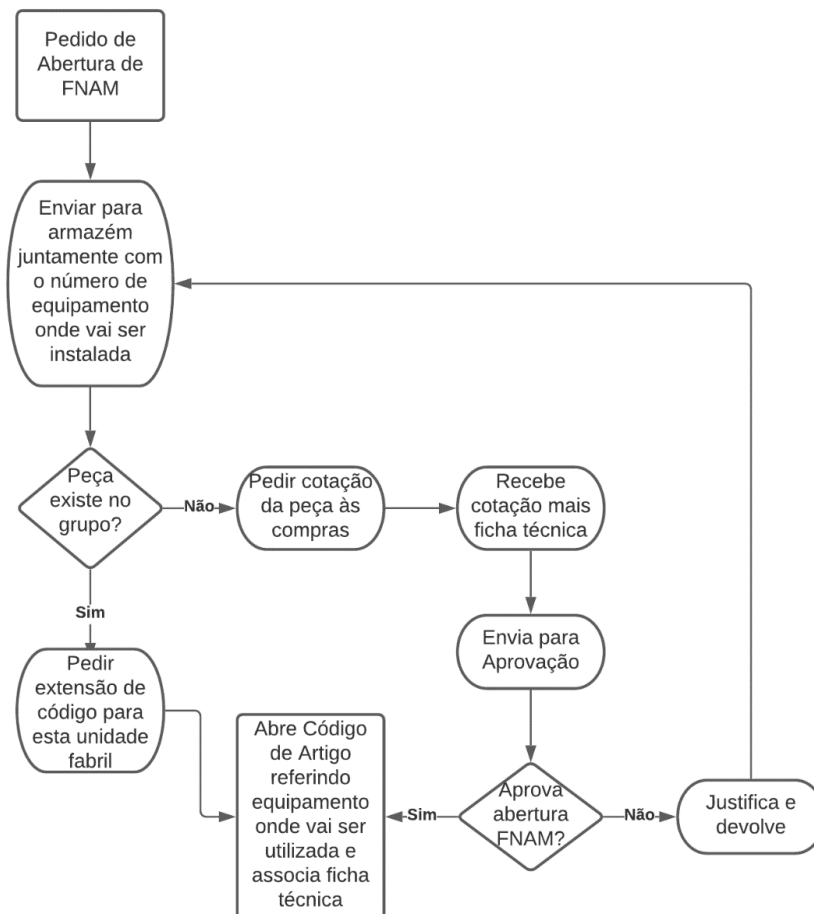


Figura 27 – Fluxograma procedimento abertura de FNAM's

A Figura 28 mostra um exemplo do processo em execução, onde é possível ver com detalhe a informação que esta ficha de abertura possui.

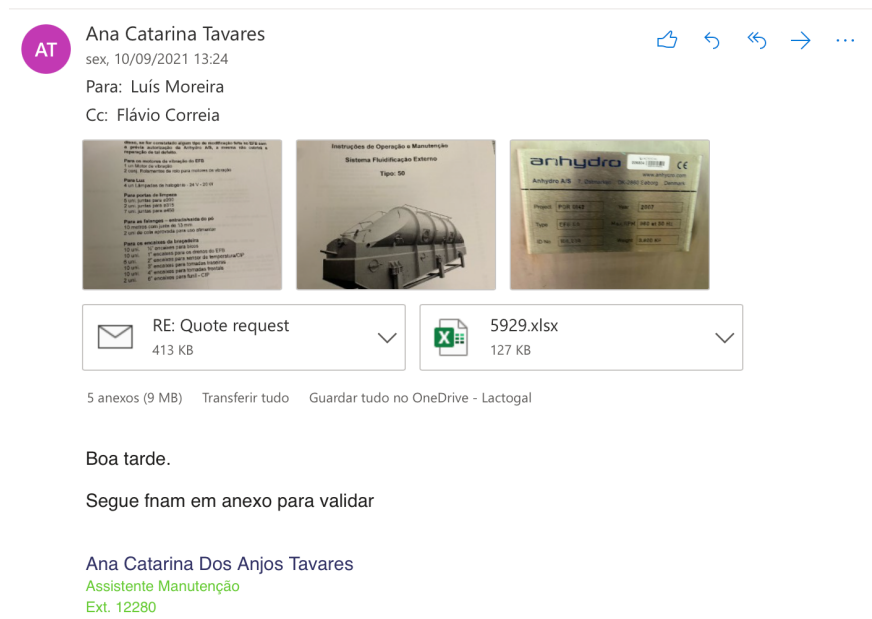


Figura 28 – Processo final de abertura de uma FNAM

A Figura 29 representa a FNAM propriamente dita, em tem campos como a Designação, Unidade de medida, Extensão Código (para artigos que venham de outra fábrica do grupo) Fabricante, grupo comprador (indica que é artigo de stock, ou compra esporádica, incluindo entre outros, quantidade mínima para abastecimento automático) e por último o código da máquina onde esta peça irá ser utilizada.

FICHA NOVO ARTIGO MANUTENÇÃO											LACTOGA	
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL												
Centro	0101		Requisitante	FLAVIO CORREIA					Código GDM	0101-5925		
Designação	Un. Med. Básica	Extensão Código	Fabricante Ref.* Fabricante	Grupo Compr.	Planej. MRP	Tipo MRP	Tem. Lote MRP	Ponto Reabast.	Stock Maximo	Código Máquina Designação	Peça Segur.	
GASKET F. DIA 200MM CLEANING DOOR SOLID	UN		SPX ANHYDRO DKAL683-76	L05	L05	ZV	HB	1	1	20002372	NÃO	
GASKET F. DIA 315MM CLEANING DOOR SOLID	UN		SPX ANHYDRO DKAL683-77	L05	L05	ZV	HB	1	1	20002372	NÃO	
GASKET F. DIA 450MM CLEANING DOOR SOLID	UN		SPX ANHYDRO DKAL683-78	L05	L05	ZV	HB	1	1	20002372	NÃO	
Máximo de 40 caracteres												
Observações												

Figura 29 – Ficha Normativa de Artigo de Manutenção (FNAM)

Com isto, é possível na árvore de equipamentos selecionar um equipamento e ver no imediato todas as peças que esse equipamento gasta. Na figura seguinte mostramos um equipamento que ainda não foi alvo desta reorganização e um outro já com esta reorganização.

Posto isto, o resultado prático em SAP fica de acordo com a Figura 30, onde abrindo a árvore de equipamentos, qualquer técnico consegue visualizar o material que aquele equipamento utiliza.

The screenshot shows a SAP equipment tree for 'Oliveira de Azemeis'. The tree is expanded to show equipment '20000640' (Tanque n° 130). Below the equipment name, a list of materials is displayed with their descriptions, units, and quantities. The materials are listed in a table format.

Material	Description	Unit	Quantity
10003464	RETENTOR MOLA 55X80X8MM	L	1 UN
10006055	OLEO LUBRIFICANTE	L	1 L
10010297	ROLAMENTO ROLO CONICO DI=55MM	L	1 UN
10010422	ROLAMENTO RIGIDO ESFERA DI=25MM	L	1 UN
10040349	INTERRUPTOR SEGURANÇA C/ CAIXA	L	1 UN
10045475	INTERRUPTOR SEGURANÇA	L	1 UN
10046491	ROLAMENTO ROLO CONICO D=95MM	L	1 UN
10020841	RETENTOR 55X75X12MM	L	1 UN
10001825	JUNTA EPDM 3"	L	1 UN
10001814	CASQUILHO TEFLON ABA 18X22X9MM	L	1 UN
10001817	JUNTA DN25	L	1 UN
10027193	CASQUILHO	L	1 UN
10001848	VALVULA SOLENOIDE	L	1 UN
10022994	JUNTA VITON CIRCULAR 12X20X4MM	L	1 UN
10040079	RETENTOR 95X120X13MM	L	1 UN

Figura 30 – Árvore de equipamentos com materiais associados (Tanque nº130)

A título comparativo apresenta-se um outro exemplo em que o equipamento, Figura 31, um outro equipamento da mesma classe do anterior, tanque 110, não tem qualquer material associado, ou seja, se avaria algum componente o técnico terá de procurar informação em algum dos repositórios para perceber que material é utilizado naquele equipamento.

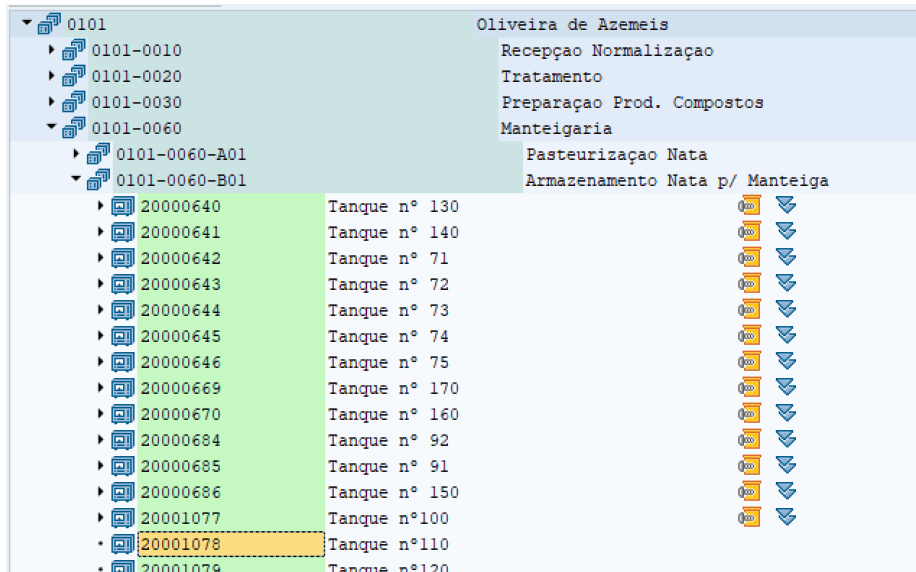


Figura 31 - Árvore de equipamentos sem materiais associados (Tanque 110)

Este é um trabalho demorado, mas depois de criado o procedimento e a rotina estabelecida, os ganhos para a organização são inúmeros.

Para gerir o processo de pedido de materiais foi criado o fluxograma da Figura 32.

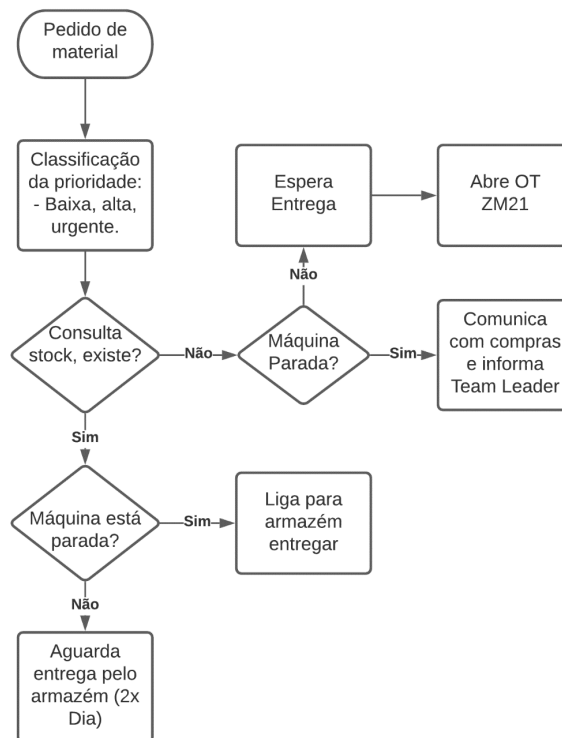


Figura 32 – Fluxograma pedido de materiais

Com isto é libertado o Team Leader de tarefas que não acrescentam valor à sua função, como é o caso da entrega de materiais aos setores.

Uma vez testado este procedimento, passa por uma das funcionárias presentes no armazém, operadora de armazém e auxiliar de manutenção levarem elas mesmo, periodicamente, ou em caso de urgência as peças ao setor. Com isto, houve uma redução na ocupação dos team leaders e um aumento exponencial da disponibilidade do team leader para o setor.

Acabamos de abordar a requisição de peças, desde a necessidade do sector até ao armazém, agora abordamos a gestão do próprio armazém quando recebem uma reserva de material.

Começamos por elaborar um procedimento para estas tarefas, representado na Figura 33, capaz de esclarecer e direcionar as reservas de materiais dos setores, considerando o tipo de OT que foi requisitado.

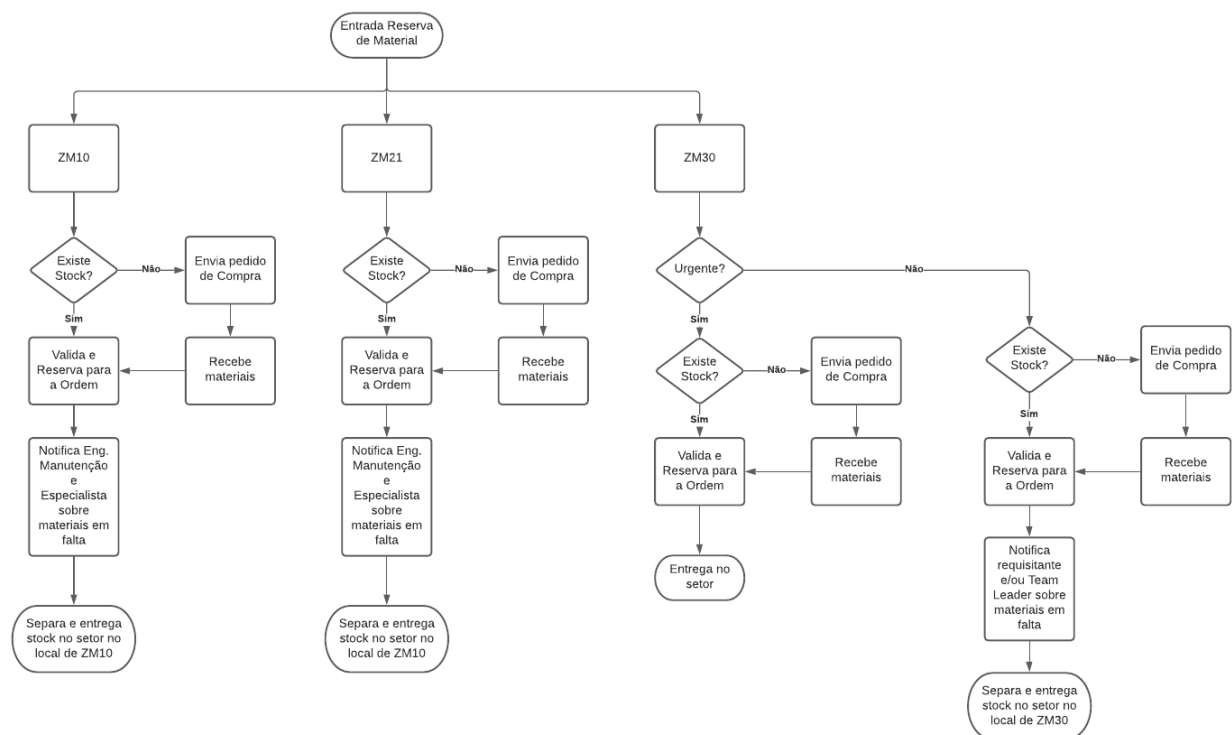


Figura 33 – Gestão de reservas de materiais armazém

No caso das curativas têm ainda o campo que permite selecionar se a prioridade é baixa ou alta ou urgente, sendo que a urgente entra imediatamente em análise e separação de peças por parte da operadora de armazém acontece no imediato.

3.3.7 Implementação do software para Gestão da Manutenção.

Neste ponto, e acompanhando o desenvolvimento que está em curso do sistema OEE, surgiu a ideia de levar esta evolução um pouco mais além e, por exemplo, no caso de uma máquina parar, o operador tem sempre de ir ao OEE justificar a paragem. Com a adaptação que está pensada para este sistema, o operador tem de ir ao sistema justificar a paragem ou abrir Nota de avaria, para que a manutenção seja notificada. Com este processo o sistema irá calcular o MTTR automaticamente, ou seja, o operador abriu a nota de avaria o sistema começa desde aí a contar o tempo que a manutenção irá levar até vá ao sistema diga que conclui a avaria, por sua vez o operador reconhece e a máquina arranca.

Com isto temos um indicador eficaz e preciso do tempo de reparação que a manutenção gastou para colocar novamente a máquina a funcionar.

Por conseguinte, este sistema permitirá também medir o tempo que a máquina teve em funcionamento sem parar por avaria, ou seja o permite calcular eficazmente o indicador MTBF.

O software transversal a todas as áreas da unidade fabril é o SAP, no entanto, estão presentes mais 2 software de gestão, que são: - Accept e WHM. Ambos os softwares evoluem e são acompanhados por entidades externas.

No caso da direção de manutenção propriamente dita, não existe mais nenhum software para além do SAP, que como já referido está estagnado desde 2008.

Por forma a nivelar todos os departamentos, e uma vez que o OEE já usa a base do Accept, foi proposto desenvolver em Accept as necessidades básicas para gestão da manutenção.

Nomeadamente os indicadores MTTR e o MTBF, estes indicadores são utilizados para medir o tempo que uma máquina teve em manutenção e de igual modo o tempo que uma máquina esteve a produzir sem parar. Com este software é possível extrair estes indicadores bem como gerar relatório único por lote produzido anexo com todas as operações de manutenção realizadas na máquina nessa altura. Com isto vamos finalmente conseguir consultar histórico, tomar ações preventivas mais eficazes, agendar numa única plataforma (atualmente o SAP tem a periodicidade definida, no entanto a real disponibilidade do equipamento nem sempre coincide, daí o duplo agendamento, o sugerido mais o efetivo que é agendado no Outlook) e avaliar necessidade ou não de investimentos.

Dado que este software é utilizado também pelo departamento da qualidade, aqui podemos integrar os dados num relatório final que é emitido por lote de produção. Relatório este que representava o número de falhas e o número de intervenções que a produção teve naquele lote, que no caso de uma reclamação ou não conformidade, será tudo validado, numa primeira instância, recorrendo a esse relatório, em vez de perguntar à manutenção as intervenções que teve ou à qualidade as paragens que teve, por exemplo.

3.3.8 Criação de indicadores base para medição do trabalho da manutenção.

Nesta fase, e depois de já referenciar-mos várias vezes o indicador MTTR, vamos juntar os outros dois indicadores que, e de acordo com o referido na literatura como mais importantes e mais utilizados, procuramos implementá-los e analisá-los. Para isso, decidimos trabalhar no software OEE e no fluxo de dados do SAP.

O OEE, representado na Figura 34, dá-nos o indicador direto de OEE de cada máquina. Este OEE é medido automaticamente de acordo com a leitura de sensores espalhados pelas máquinas e linhas.

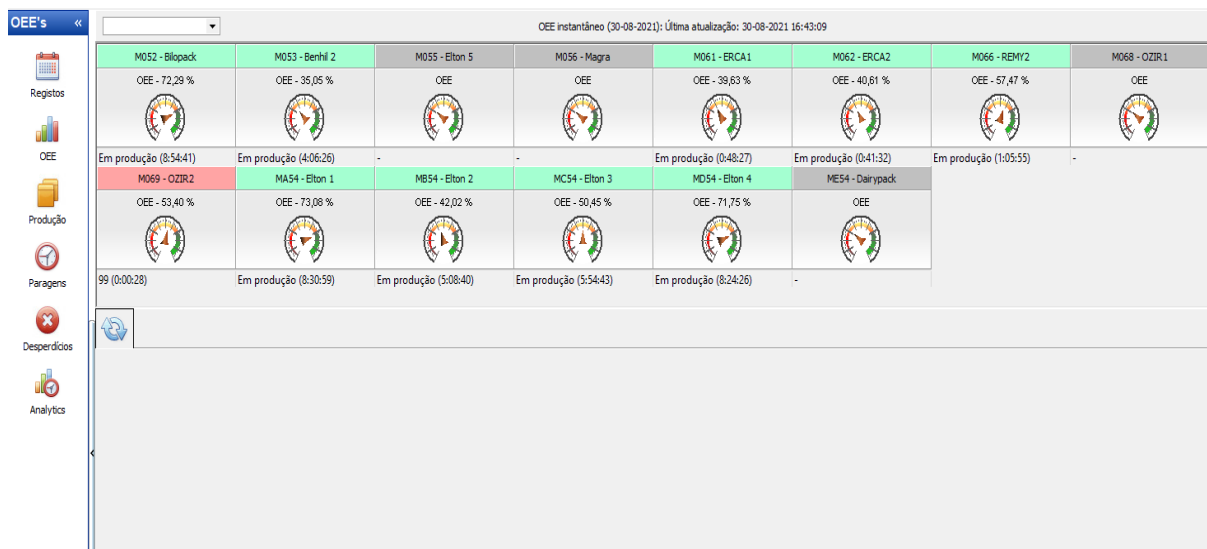


Figura 34 – OEE (imagem retirada a 30/08/2021)

A melhoria sugerida no conceito SAP, passa pelo operador abrir uma nota de avaria nesta plataforma, por sua vez a manutenção desloca-se à máquina e mediante a criticidade e dimensão do problema, corrige na hora, ou se não for possível, abre OT para conseguir requisitar material, intervir na máquina do jeito que for necessário para que esta retome a normal produção. Será neste ponto que entra o indicador MTBF, ou seja, a plataforma começa a contar o tempo desde que a manutenção intervém na máquina até que terminou e o operador reconheceu como estando conforme.

Atualmente o que acontece é que o operador identifica um problema na máquina, justifica a ocorrência na plataforma do OEE em seguida tem de ir ao sistema SAP abrir uma OT. Esta OT só é encerrada depois da manutenção entrar no SAP e dar o processo como concluído.

Este processo representava dois problemas. O primeiro não definia, ou não registava, se a produção recebeu a máquina devidamente após a resolução da avaria. O segundo, passa pelo desleixo da equipa de manutenção em não ter procedimento criado para fechar OT sempre que esta é executada.

A evolução do OEE permite que este processo passe a ser um requisito para que o operador consiga arrancar com a máquina, obrigando-o a confirmar que a máquina está conforme para arrancar e ao mesmo tempo confirma fim de avaria encerrando a OT criada.

Uma outra lacuna que um “OEE eficaz” fornece é a disponibilização de indicadores produtivos e de manutenção eficazes, tais como, o próprio OEE do equipamento e os indicadores MTTR e o MTBF.

Implementadas as melhorias relatadas até aqui, analisa-se a tendência, na Figura 35, embora num período curto, de um mês, entre Agosto de 2021 e Setembro de 2021, que a taxa de ordens não atendidas baixou consideravelmente, comparativamente com o número de ordens não fechadas. As curativas ainda assim apresentam um acréscimo de ordens não atendidas, mas com a agravante que estamos a retirar resultados no presente mês, o que esse efeito à data é pouco conclusivo. No entanto vem reforçar a necessidade da implementação das melhorias no OEE, porque é evidente que as ordens não são fechadas no momento da resolução da avaria.

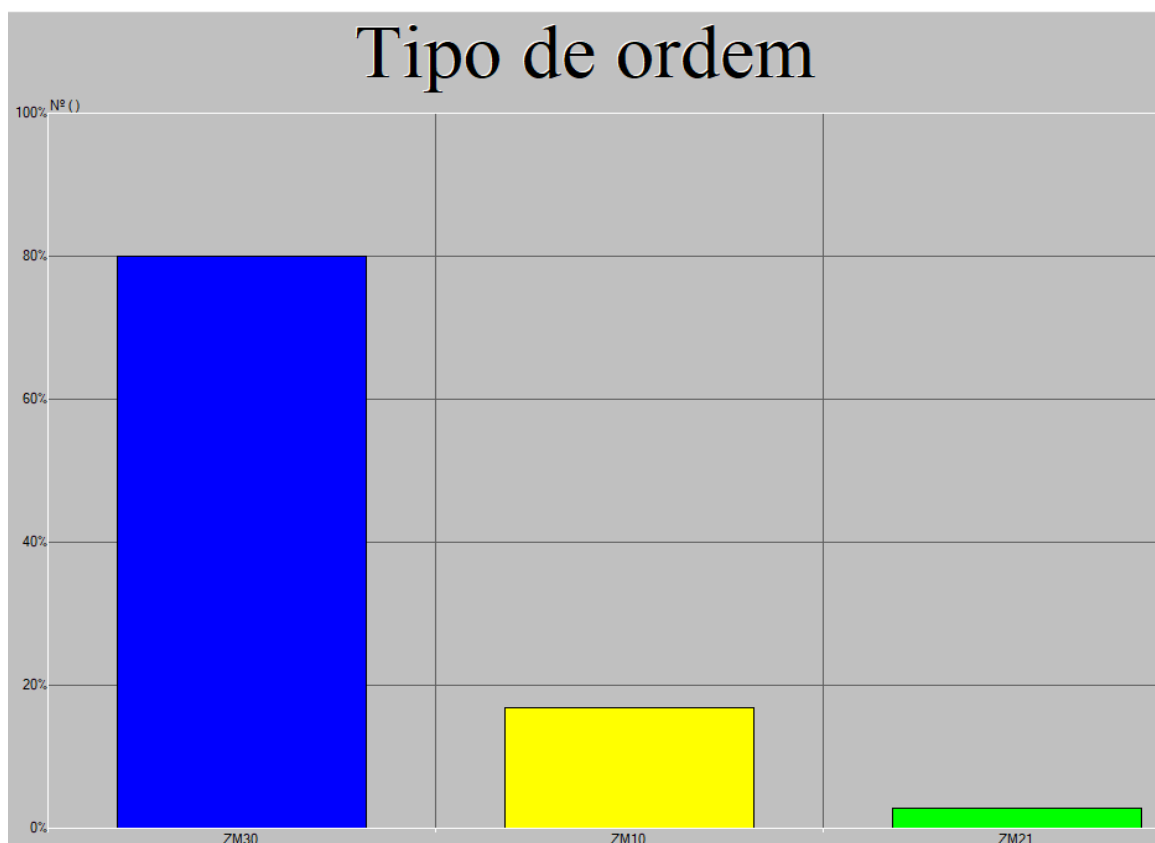


Figura 35 – OT's Não fechadas por tipo de Ordem (ZM30, ZM10 e ZM21)

3.4 ANÁLISE DE RESULTADOS

Este subcapítulo, apesar de utilização da metodologia Action-Research, na qual sempre que fazemos uma alteração/melhoria medimos no imediato o impacto dessa ação, é dedicado à análise dos resultados obtidos com as melhorias implementadas, começando-se por sensibilizar, formar e envolver todo a estrutura da manutenção e produção, por forma a que juntos identificassem problemas, numerassem causas e discutissem possíveis soluções.

Seguiu-se para a elaboração de uma tabela resumo, Tabela 5, que mostra os resultados obtidos perante as ações tomadas.

Como já referido numa ótica desta metodologia, planeou-se, entreviu-se e mediu-se o impacto das ações, ao mesmo tempo, envolvendo a produção para juntos aplicarmos o conceito TPM, onde toda a estrutura trabalha para manter o bom funcionamento da unidade fabril.

Tabela 5 – Análise de resultados às propostas de melhoria implementadas

Proposta de melhoria	Resultados Alcançados
Elaboração de procedimentos para abertura, tratamento e encerramento de OT's curativas	<ul style="list-style-type: none">• Padronização das ações e decisões a tomar;• Maior rapidez, logo melhoria evidente no MTTR;• Aumento da sensibilização para medição do trabalho de cada um;
Parametrização do software SAP, bem como criação de procedimento para fechar OT preventiva e introdução do conceito TPM.	<ul style="list-style-type: none">• Ação antecipada de reserva de material → melhoria no cumprimento do plano, evitando reagendamentos por falta de material;• Envolvimento da produção no cumprimento do plano de manutenção preventivo, com a vantagem de realizarem inspeções ao equipamento em pleno funcionamento, aumentando a eficácia no diagnóstico precoce de problemas;• Maior eficácia no agendamento das manutenções, uma vez que são agendadas e validadas logo disponibilidade das máquinas com o planeamento;
Informação e formação do conceito de ordem preditiva à equipa de manutenção.	<ul style="list-style-type: none">• Criação de procedimento transversal a manutenção e produção para abertura de OT's referentes à identificação de desgastes ou pontos de dúvida;

<p>Criação de procedimento para abertura e fecho da OT.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Redução em cerca de 4 vezes o tempo médio de reparação destas avarias (MTTR passou de 75 dias para 15 dias);
<p>Reajuste nos horários para que haja sempre um sénior, um júnior e um estagiário ou recém-contratado.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • por forma a que haja partilha de conhecimento e experiências entre a equipa do turno • Aumento da integração de novos colaboradores; • Aumento da motivação, uma vez que há uma espécie de promoção a “tutor” de 3 técnicos; • Diminuição evidentes nos despedimentos; • Levantamento de formação existente e ajustar a cada perfil.
<p>Criação de repositório digital único.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Repositório digital único onde todos os técnicos têm de uma forma ordenada informação técnica dos equipamentos; • Rapidez na consulta técnica para retomar normal funcionamento das máquinas;
<p>Criação de procedimento específico para criação de novas FNAM’s.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Prevenção de duplicação de matérias; • Procedimento claro para abertura das FNAM’s, incluindo anexo de documentação técnica e adição de material ao equipamento; • Consulta simplificada de peças consumida por máquina;
<p>Proposta e acompanhamento de desenvolvimento de software capaz de tratar os dados de SAP e disponibilizar informação tratada ao utilizador.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento da decisão fundamentada em histórico estatístico; • Rápido diagnóstico de possíveis problemas em determinado lote de produção; • Análise de consumos disponível para todos os técnicos;
<p>Criação de indicadores base para medição do trabalho da manutenção, MTTR, MTBF e OEE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Medição efetiva do trabalho da manutenção; • Acompanhamento fino de cada produção; • Rentabilidade medida ao pormenor da máquina e em tempo real para ajuda no planeamento de produções

Posto isto, faz-se um balanço positivo destas medidas, uma vez, que a união das equipas e departamento saiu reforçada, facilitando o trabalho e aumentando o envolvimento de cada um, aumentando naturalmente a motivação saindo naturalmente a empresa a ganhar.

Em termos mais específicos, o facto de um indicador MTTR (zm30) passar de 9,86 dias para 1,46 dias, representa uma redução superior a 9 vezes do tempo para resolução de avarias desta unidade fabril, levando naturalmente a um aumento das manutenções preventivas e

a uma diminuição das manutenções curativas, tal como representado no Gráfico 4, em comparação com o Gráfico 3.

De igual modo está o indicador MTTR(ZM21) passou de 75 dias para 15 dias, redução de cerca de 4 vezes.

Por último elege a nova gestão do armazém de manutenção, onde passou de gestão arbitrária para uma gestão controlada e do conhecimento de todos, com a criação de dois procedimentos claros e inequívocos.

4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Neste último capítulo, referente às conclusões do trabalho desenvolvido, será lembrado, de forma sucinta, todo o trabalho, os principais contributos e o estado de implementação de cada ação. No final, identifica-se o valor acrescentado para a empresa, e terminando com uma proposta de trabalhos futuros.

4.1 PRINCIPAIS CONTRIBUTOS

A presente dissertação, desenvolvida no âmbito da unidade curricular de Dissertação/Projeto/Estágio, do mestrado em Engenharia Eletrotécnica, ramo Automação e Sistemas, teve como principal objetivo a análise e melhoria dos processos de manutenção de uma unidade fabril no ramo da indústria alimentar. De uma forma sucinta, os principais contributos deste trabalho foram:

- Elaboração de procedimentos para abertura, tratamento e encerramento de OT's curativas;
- Parametrização do software SAP, bem como criação de procedimento para fechar OT e introdução do conceito TPM;
- Informação e formação do conceito de ordem preditiva à equipa de manutenção;
 - Criação de procedimento para abertura e fecho deste tipo de OT;
- Reajuste nos horários para que haja sempre um sénior, um júnior e um estagiário ou recém-contratado;
- Criação de repositório digital único;
- Criação de procedimento específico para criação de novas FNAM's;

- Proposta e acompanhamento de desenvolvimento de software capaz de tratar os dados de SAP e disponibilizar informação tratada ao utilizador.

Dado o curto intervalo de tempo, desde que implementadas na totalidade as referidas medidas, até à medição do número de ordens de trabalho, conclui-se que houve adesão às medidas implementadas e que estas serão refletidas nas ordens curativas, que era o principal problema desta estrutura.

Na tabela 6 é apresentado o estado de implementação das ações de melhoria implementadas ao longo desta dissertação.

Tabela 6 – Estado de implementação das melhorias

Ações De Melhoria Implementadas	Estado de Implementação
Elaboração de procedimentos para abertura, tratamento e encerramento de OT's curativas	<ul style="list-style-type: none"> • 100% concluído no setor A
Parametrização do software SAP, bem como criação de procedimento para fechar OT e introdução do conceito TPM.	<ul style="list-style-type: none"> • 100% concluído no setor A.
Informação e formação do conceito de ordem preditiva à equipa de manutenção. Criação de procedimento para abertura e fecho da OT.	<ul style="list-style-type: none"> • 100% concluído no setor A.
Reajuste nos horários para que haja sempre um sénior, um júnior e um estagiário ou recém-contratado.	<ul style="list-style-type: none"> • 100% concluído no setor A.
Criação de repositório digital único.	<ul style="list-style-type: none"> • 90% concluído, falta adição de alguma documentação que está pedida aos fabricantes das máquinas do setor A, embora seja estrutura transversal para a unidade fabril.
Criação de procedimento específico para criação de novas FNAM's.	<ul style="list-style-type: none"> • 100% concluída e transversal a todos os setores;
Proposta e acompanhamento de desenvolvimento de software capaz de tratar os dados de SAP e disponibilizar informação tratada ao utilizador.	<ul style="list-style-type: none"> • 40%, solução definida, já funciona o OEE e indicadores MTTR e MTBF, no entanto falta criação de relatórios e cruzamento eficaz com os lotes produzidos;
Criação de indicadores base para medição do trabalho da manutenção, MTTR, MTBF e OEE	<ul style="list-style-type: none"> • 100% concluído.

4.2 VALOR ACRESCENTADO DO TRABALHO PARA A UNIDADE INDUSTRIAL EM ESTUDO

A adoção de indicadores de manutenção permitiu tornar visível a toda a estrutura o real trabalho da manutenção, uma vez que para empresas mais rígidas na sua estrutura e menos abertas a novas ideias, a manutenção ainda é percecionada como um custo indispensável e não como um ativo com repercussões diretas no custo de cada produto, onde uma ação pode trazer benefícios inestimáveis e poupanças exponenciais, onde num mercado cada vez mais competitivo, o pormenor faz a diferença.

Contudo, este projeto veio sensibilizar e concretizar para ações de curto investimento mas com repercussões evidente, quer na motivação de quem colabora, quer no aumento inequívoco do trabalho para o objetivo comum a todos, a qualidade dos produtos e a perceção do mercado.

4.3 TRABALHOS FUTUROS

Como trabalhos futuros recomenda-se prosseguir esta implementação de ações nos restantes sectores não esquecendo que cada setor é um setor, embora a maioria das intervenções efetuadas aqui sejam compatíveis, continuar com o rigor da metodologia *Action-Research* e não avançar passos.

Por último fica a sugestão de uma vez medido o trabalho da manutenção, criar sistema de avaliação dos técnicos de manutenção, baseado nas OT's a que dão resposta e no tempo de resposta, formando desta forma um sistema de competição "saudável" entre eles, com aumento da dedicação e a motivação dos profissionais e simultaneamente premiando quem contribui mais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2018). Total productive maintenance. *Total Quality Management & Business Excellence*, 1-8.
- Ahire, C. P., & Relkar, A. S. (2012). Correlating failure mode effect analysis (FMEA) & overall equipment effectiveness (OEE). *Procedia Engineering*, 38, 3482-3486.
- Aljaffan, A. H. (2017). A Review of the Tripartite Model Linking Associations between TQM, Organizational Learning, and Performance. *International Business Research*, 10(8), 11-30.
- Al-Refaie, A., & Hanayneh, B. (2014). Influences of TPM, TQM, Six Sigma practices on firms performance in Jordan. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 13(2), 219-234.
- Accorsi, R., Gallo, A., Tufano, A., Bortolini, M., Penazzi, S., & Manzini, R. (2019). A tailored maintenance management system to control spare parts life cycle. *Procedia Manufacturing*, 38, 92-99.
- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2018). Total productive maintenance. *Total Quality Management & Business Excellence*, 1-8.
- Amaro, P., Alves, A. C., & Sousa, R. M. (2019). Lean thinking: a transversal and global management philosophy to achieve sustainability benefits. *Lean Engineering for Global Development*, 1-31.
- Amrani, M. A., Alhomdi, M., Ghaleb, A. M., Al-Qubati, M., & Shameeri, M. (2020). Implementing an integrated maintenance management system for monitoring production lines: a case study for biscuit industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Anggradewi, P., Sardjananto, S., & Ekawati, A. D. (2019). Improving Quality in Service Management through Critical Key Performance Indicators in Maintenance Process: A Systematic Literature Review. *Quality-Access to Success*, 20(173).
- Arani, M., Dastmard, M., Ebrahimi, Z. D., Momenitabar, M., & Liu, X. (2020, October). Optimizing the total production and maintenance cost of an integrated multi-product process and

- maintenance planning (IPPMP) model. In 2020 IEEE International Symposium on Systems Engineering (ISSE) (pp. 1-8). IEEE.
- Aromaa, S., Väättänen, A., Aaltonen, I., & Heimonen, T. (2015, July). A model for gathering and sharing knowledge in maintenance work. In Proceedings of the European Conference on Cognitive Ergonomics 2015 (pp. 1-8).
- Basri, E. I., Razak, I. H. A., Ab-Samat, H., & Kamaruddin, S. (2017). Preventive maintenance (PM) planning: a review. *Journal of Quality in Maintenance Engineering* Vol. 23 No. 2, pp. 114-143.
- Baral, C., Eiter, T., Bjärelund, M., & Nakamura, M. (2008). Maintenance goals of agents in a dynamic environment: Formulation and policy construction. *Artificial Intelligence*, 172(12-13), 1429-1469.
- Bourezza, E. M., & Mousrij, A. (2020, March). Towards a platform to implement an intelligent and predictive maintenance in the context of industry 4.0. In *International Conference on Artificial Intelligence & Industrial Applications* (pp. 33-44). Springer, Cham.
- Braglia, M., Castellano, D., & Gallo, M. (2019). A novel operational approach to equipment maintenance: TPM and RCM jointly at work. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 25 No. 4, pp. 612-634.
- Cárcel-Carrasco, J., & Cárcel-Carrasco, J. A. (2021). Analysis for the Knowledge Management Application in Maintenance Engineering: Perception from Maintenance Technicians. *Applied Sciences*, 11(2), 703.
- Cárcel-Carrasco, J., Cárcel-Carrasco, J. A., & Peñalvo-López, E. (2020). Factors in the relationship between maintenance engineering and knowledge management. *Applied Sciences*, 10(8), 2810.
- Cardoso, D., & Ferreira, L. (2021). Application of Predictive Maintenance Concepts Using Artificial Intelligence Tools. *Applied Sciences*, 11(1), 18.
- Coetzee, J. L. (1999). A holistic approach to the maintenance “problem”. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 5 No. 3, pp. 276-281.
- Danubianu, M., & Teodorescu, C. (2015). Action research—a new approach for environmental RD&I. *Present Environment and Sustainable Development*, (1), 139-148.

- Darestani, S. A., Palizban, T., & Imannezhad, R. (2020). Maintenance strategy selection: a combined goal programming approach and BWM-TOPSIS for paper production industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- de León Hijes, F. G., Robles, J. S., García, F. M., García, M. A., & Rivera, E. B. (2020). Assessment of functional condition of equipment in industrial plants based on multiple measurements. *Measurement*, 164, 108014.
- Dias, J. A., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Ribeiro, M. T., & Silva, F. J. G. (2019). Improving the order fulfilment process at A metalwork company. *Procedia Manufacturing*, 41, 1031-1038.
- Domínguez, E., Pérez, B., Rubio, A. L., & Zapata, M. A. (2019). A taxonomy for key performance indicators management. *Computer Standards & Interfaces*, 64, 24-40.
- Fraser, K. (2014). Facilities management: the strategic selection of a maintenance system. *Journal of Facilities Management*. Vol. 12 no1, 18-37.
- Ferreiro, S., Konde, E., Fernández, S., & Prado, A. (2016). Industry 4.0: predictive intelligent maintenance for production equipment. In *PHM Society European Conference* (Vol. 3, No. 1).
- Ferreira, L. P., Gómez, E. A., Lourido, G. C. P., Quintas, J. D., & Tjahjono, B. (2012). Analysis and optimisation of a network of closed-loop automobile assembly line using simulation. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 59(1), 351-366.
- Ferreira, L. P., Gómez, E. A., Lourido, G. P., & Tjahjono, B. (2013). Modeling a complex production line using virtual cells. In *Electrical Engineering and Intelligent Systems* (pp. 361-373). Springer, New York, NY.
- Ferreira, L[uis]; E. Ares, G[omez]; G.C Pelaez, L[ourido] & Salgado, M[arina] (2010). Analysis of the Influence of Conveyor Speed on the Behaviour of an Automobile Assembly Line, Chapter 41 in *DAAAM International Scientific Book 2010*, pp. 463-470, B. Katalinic (Ed.), Published by DAAAM International, ISBN 978-3-901509-74-2, ISSN 1726-9687, Vienna, Austria
- Forssén, M., & Haho, P. (2001). Participative development and training for business processes in industry: review of 88 simulation games. *International Journal of Technology Management*, 22(1-3), 233-262.
- Gaspar, F., & Leal, F. (2020). A methodology for applying the shop floor management method for sustaining lean manufacturing tools and philosophies: a study of an automotive company in Brazil. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 11 No. 6, pp. 1219-1238.

- Giura, A. (2017). Calculating Overall Equipment Efficiency for Management Decision Shocking OEE and the Correct Performance. *Calitatea*, 18(156), 45.
- Gonçalves, M. A., Fox, E. A., Watson, L. T., & Kipp, N. A. (2004). Streams, structures, spaces, scenarios, societies (5s) A formal model for digital libraries. *ACM transactions on information systems (TOIS)*, 22(2), 270-312.
- Grijalvo Martín, M., Pacios Álvarez, A., Ordieres-Meré, J., Villalba-Díez, J., & Morales-Alonso, G. (2021). New Business Models from Prescriptive Maintenance Strategies Aligned with Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 13(1), 216.
- Guariente, P., Antonioli, I., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Silva, F. J. G. (2017). Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. *Procedia Manufacturing*, 13, 1128-1134.
- Gugaliya, A., & Naikan, V. N. A. (2019). A model for financial viability of implementation of condition-based maintenance for induction motors. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*. Vol. 26 No. 2, pp. 213-230.
- Iskandar, J., Moyne, J., Subrahmanyam, K., Hawkins, P., & Armacost, M. (2015, May). Predictive maintenance in semiconductor manufacturing. In 2015 26th Annual SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference (ASMC) (pp. 384-389). IEEE.
- Jaingok, N., & Chutima, P. (2015, November). Process Improvement for Machinery Equipment Preventive Maintenance in Olefins Production Plant. In 2015 International Conference on Industrial Technology and Management Science (pp. 424-427).
- Jimenez-Cortadi, A., Irigoien, I., Boto, F., Sierra, B., & Rodriguez, G. (2020). Predictive maintenance on the machining process and machine tool. *Applied Sciences*, 10(1), 224.
- Lee, S. M., Lee, D., & Kim, Y. S. (2019). The quality management ecosystem for predictive maintenance in the industry 4.0 era. *International Journal of Quality Innovation*, 5(1), 1-11.
- Lee, Y. J., Kwon, H. J., Seok, Y., & Hong, S. J. (2021). IOT-based in situ condition monitoring of semiconductor fabrication equipment for e-maintenance. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*.
- Li, Z., Wang, Y., & Wang, K. S. (2017). Intelligent predictive maintenance for fault diagnosis and prognosis in machine centers: Industry 4.0 scenario. *Advances in Manufacturing*, 5(4), 377-387.

- Manzini, R., Regattieri, A., Pham, H., & Ferrari, E. (2009). *Maintenance for industrial systems*. Springer Science & Business Media.
- Martins, L., Silva, F. J. G., Pimentel, C., Casais, R. B., & Campilho, R. D. S. G. (2020). Improving Preventive Maintenance Management in an Energy Solutions Company. *Procedia Manufacturing*, 51, 1551-1558.
- Mourato, J., Pinto Ferreira, L., Sá, J.C., Silva, F.J.G., Dieguez, T. and Tjahjono, B. (2021), "Improving internal logistics of a bus manufacturing using the lean techniques", *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 70 No. 7, pp. 1930-1951.
- Muchiri, P. N., Pintelon, L., Martin, H., & De Meyer, A. M. (2010). Empirical analysis of maintenance performance measurement in Belgian industries. *International Journal of Production Research*, 48(20), 5905-5924.
- Narayan, V. (2004). *Effective maintenance management: risk and reliability strategies for optimizing performance*. Industrial Press Inc. Pag. 81-97.
- O'Leary, C., Rao, S., & Perry, C. (2004). Improving customer relationship management through database/internet marketing: a theory-building action research project. *European journal of marketing*. Vol. 38 No. 3/4, pp. 338-354.
- Omachonu, V. K., Suthummanon, S., & Einspruch, N. G. (2004). The relationship between quality and quality cost for a manufacturing company. *International Journal of Quality & Reliability Management*. Vol. 21 No. 3, pp. 277-290.
- Piccarozzi, M., Aquilani, B., & Gatti, C. (2018). Industry 4.0 in management studies: A systematic literature review. *Sustainability*, 10(10), 3821.
- Pinto, G. F. L., Silva, F. J. G., Campilho, R. D. S. G., Casais, R. B., Fernandes, A. J., & Baptista, A. (2019). Continuous improvement in maintenance: a case study in the automotive industry involving Lean tools. *Procedia Manufacturing*, 38, 1582-1591.
- Pombal, T., Ferreira, L. P., Sá, J. C., Pereira, M. T., & Silva, F. J. G. (2019). Implementation of lean methodologies in the management of consumable materials in the maintenance workshops of an industrial company. *Procedia Manufacturing*, 38, 975-982.
- Realyvásquez-Vargas, A., Arredondo-Soto, K. C., Carrillo-Gutiérrez, T., & Ravelo, G. (2018). Applying the Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle to reduce the defects in the manufacturing industry. A case study. *Applied Sciences*, 8(11), 2181.

- Ribeiro, I. M., Godina, R., Pimentel, C., Silva, F. J. G., & Matias, J. C. O. (2019). Implementing TPM supported by 5S to improve the availability of an automotive production line. *Procedia Manufacturing*, 38, 1574-1581.
- Sachitra, V. (2016). Review of competitive advantage measurements: reference on agribusiness sector. *Journal of Scientific Research and Reports*, 12(6), 1-11.
- Sá J., Ferreira L.P., Dieguez T., Sá J.C., Silva F.J.G. (2021) Role of the Industry 4.0 in the Wine Production and Enotourism Sectors. In: de Carvalho J.V., Rocha Á., Liberato P., Peña A. (eds) *Advances in Tourism, Technology and Systems. ICOTTS 2020. Smart Innovation, Systems and Technologies*, vol 208. Springer, Singapore.
- Sá J., Ferreira L.P., Dieguez T., Sá J.C., da Silva F.J.G. (2022) Industry 4.0 in the Wine Sector – Development of a Decision Support System Based on Simulation Models. In: Machado J., Soares F., Trojanowska J., Ivanov V. (eds) *Innovations in Industrial Engineering. icieng 2021. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham.
- Santos, T., Silva, F. J. G., Ramos, S. F., Campilho, R. D. S. G., & Ferreira, L. P. (2019). Asset priority setting for maintenance management in the food industry. *Procedia Manufacturing*, 38, 1623-1633.
- Saucedo-Martínez, J. A., Pérez-Lara, M., Marmolejo-Saucedo, J. A., Salais-Fierro, T. E., & Vasant, P. (2018). Industry 4.0 framework for management and operations: a review. *Journal of ambient intelligence and humanized computing*, 9(3), 789-801.
- Silva, V., Ferreira, L. P., Silva, F. J., Tjahjono, B., & Ávila, P. (2021). Simulation-Based Decision Support System to Improve Material Flow of a Textile Company. *Sustainability*, 13(5), 2947.
- Stricker, N., Micali, M., Dornfeld, D., & Lanza, G. (2017). Considering interdependencies of KPIs—possible resource efficiency and effectiveness improvements. *Procedia Manufacturing*, 8, 300-307.
- Tortorella, G. L., Fogliatto, F. S., Cauchick-Miguel, P. A., Kurnia, S., & Jurburg, D. (2021). Integration of Industry 4.0 technologies into Total Productive Maintenance practices. *International Journal of Production Economics*, 240, 108224.
- Tufano, A., Accorsi, R., Garbellini, F., & Manzini, R. (2018). Plant design and control in food service industry. A multi-disciplinary decision-support system. *Computers in Industry*, 103, 72-85.

- Wickramasinghe, G. and Perera, A. (2016), "Effect of total productive maintenance practices on manufacturing performance: Investigation of textile and apparel manufacturing firms", *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 27 No. 5, pp. 713-729.
- Wohlin, C., & Runeson, P. (2021). Guiding the selection of research methodology in industry–academia collaboration in software engineering. *Information and Software Technology*, 140, 106678.
- Yan, J., Meng, Y., Lu, L., & Li, L. (2017). Industrial big data in an industry 4.0 environment: Challenges, schemes, and applications for predictive maintenance. *IEEE Access*, 5, 23484-23491.
- Villalba-Diez, J., & Ordieres-Meré, J. (2021). Human–Machine Integration in Processes within Industry 4.0 Management. *Sensors*, 21(17), 5928.
- Zhu, L., Johnsson, C., Varisco, M., & Schiraldi, M. M. (2018). Key performance indicators for manufacturing operations management–gap analysis between process industrial needs and ISO 22400 standard. *Procedia Manufacturing*, 25, 82-88.
- Zhu, Y., Xia, T., Chen, Z., Pan, E., & Xi, L. (2021). Optimal maintenance service strategy for OEM entering competitive MRO market under opposite patterns. *Reliability Engineering & System Safety*, 108060.
- Zonta, T., da Costa, C. A., da Rosa Righi, R., de Lima, M. J., da Trindade, E. S., & Li, G. P. (2020). Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. *Computers & Industrial Engineering*, 106889.