



Instituto Superior de Engenharia

Politécnico de Coimbra

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

Relatório de Estágio para a obtenção do grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Especialização em Construção e Manutenção de
Equipamentos Mecânicos

Autor

João Pedro de Jesus Silva

Orientador

Professor Doutor Luís Filipe Pires Borrego

Supervisor na empresa SRAM

Engenheiro Marco António Loureiro Almeida

Coimbra, fevereiro 2024



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE COIMBRA

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA
DE COIMBRA

RESUMO

O presente relatório tem como objetivo descrever as atividades desenvolvidas durante o estágio curricular realizado no âmbito do Mestrado em Engenharia Mecânica, na Área de Especialização em Construção e Manutenção de Equipamentos Mecânicos do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra. O estágio foi desenvolvido na SRAMPORT, empresa de produção e desenvolvimento de componentes mecânicos de bicicletas.

Sendo a manutenção um setor essencial em prol da eficiência operacional da empresa, cada ação desencadeada no estágio incidiu na melhoria de equipamentos, processos produtivos, gestão da manutenção e todas as ferramentas que englobam uma fábrica inteligente, dinâmica e proativa.

Apesar das boas práticas desenvolvidas pela empresa, aprimorou-se e reforçou-se a importância das tarefas de manutenção como base de uma boa produção e prevenção do equipamento face a qualquer anomalia, a relevância da lubrificação e calibração das prensas e dos equipamentos para um bom funcionamento, o planeamento e gestão de stocks de materiais e a noção do tempo de fiabilidade de cada equipamento. Estas são ferramentas cruciais para uma boa manutenção com visão no crescimento produtivo e melhoramento contínuo, assim como, as reuniões mensais onde são debatidos os objetivos e indicadores.

Foi desenvolvido um método para uma melhor monitorização dos tambores de niquelagem consoante a manutenção preventiva estipulada. Outra temática, foi a criação de uma “base de dados” que contém todas as informações relativas a cada chapa característica dos motores considerados críticos na fábrica, para minimizar o tempo de intervenção.

Abordou-se e realizou-se uma análise detalhada com vários ensaios nas secadoras, a fim de apurar quais as causas das misturas de peças, propícias à contaminação de cada lote, procurando soluções fiáveis na redução destes prejuízos com vista a uma melhor eficiência.

A manutenção tem de ter implícita as melhores condições, destacando-se a magnitude da Indústria 4.0 na SRAMPORT, na adoção de ferramentas tecnológicas que beneficiem a fábrica com uma melhor produtividade e fiabilidade dos equipamentos, tal como na tendência de acompanhar a modernização industrial, garantindo uma melhor competitividade empresarial.

Palavras-chave: Manutenção, Indústria 4.0, Fiabilidade, Análise de falhas, Melhorias.

ABSTRACT

The present report aims to describe the activities developed during the curricular internship realized in the scope of the Mechanical Engineering Master, in the Construction and Maintenance of Mechanical Equipment of Instituto Superior de Engenharia de Coimbra specialization area. The internship was developed at SRAMPORT, a company that produces and develops mechanical components of bicycles.

Maintenance is an essential sector for the company's operational efficiency, therefore each activity performed during the internship was focused on equipment improvement, production processes, maintenance management and all the tools that encompass a smart, dynamic and proactive factory.

Despite the good practices developed by the company, the importance of maintenance tasks as the basis for good production and the prevention of any equipment anomaly, the relevance of lubrication and calibration of the presses and equipment for proper functioning, the planning and management of material stocks and the notion of reliability time of each equipment were improved and reinforced. All of the previously referred tools are crucial for good maintenance with a vision for productive growth and continuous improvement, as well as the monthly meetings where the objectives and indicators are debated.

A method was developed for better monitoring of the nickel plating drums according to the stipulated preventive maintenance. Another theme was the creation of a "database" containing all the information regarding each engine nameplate in the factory to minimize the intervention times.

A detailed analysis with several tests was performed in the dryers to assess the causes of pieces mixture, conducive to contamination of each batch, looking for reliable solutions for the reduction of these losses in the search for a higher efficiency.

Maintenance has to have implicit the best conditions, with emphasis on Industry 4.0 at SRAMPORT, in the adoption of technological tools that benefit the factory with higher equipment productivity and reliability and the tendency to keep up with industrial modernization, ensuring higher business competitiveness.

Keywords: Maintenance, Industry 4.0, Reliability, Failure Analysis, Improvements.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer à SRAMPORT pela oportunidade de me ter possibilitado a realização deste estágio e a forma como me acolheram desde o primeiro dia em que ingressei até ao último, senti-me verdadeiramente integrado neste grupo.

Ao Engenheiro Marco Almeida e ao Engenheiro Paulo Carvalho, por toda a orientação, disponibilidade e conhecimentos transmitidos ao longo de todo o estágio.

Ao Professor Doutor Luís Borrego, pela orientação e oportunidade que me foi proporcionada de poder estagiar no grupo SRAM.

A todos os colaboradores da SRAM, em especial aos técnicos de manutenção e colegas de escritório, por toda a disponibilidade e acolhimento.

Aos meus amigos e à minha namorada, aqueles que estão lá sempre independentemente do momento em questão, um obrigado por todo apoio e força transmitida ao longo destes meses.

Por fim, e mais importante, à minha família, em especial aos meus pais e ao meu irmão, por serem incansáveis e estarem sempre presentes em cada etapa da minha vida.

ÍNDICE

1	Introdução	1
1.1	Estrutura do relatório.....	3
2	SRAM.....	6
2.1	Contextualização da empresa.....	6
2.2	Caracterização da SRAMPORT	6
2.2.1	Processos de fabrico dos componentes.....	8
2.2.1.1	Peças soltas.....	8
2.2.1.2	Montagem das correntes	11
2.2.1.3	Montagem de rodas, cubos e pedais	15
2.2.2	Engenharia da SRAMPORT.....	15
3	Manutenção	17
3.1	Definição de manutenção industrial	17
3.2	Tipos de manutenção.....	18
3.2.1	Manutenção Corretiva	18
3.2.1.1	Manutenção Corretiva de Urgência	18
3.2.1.2	Manutenção Corretiva Deferida.....	19
3.2.2	Manutenção Preventiva	19
3.2.2.1	Manutenção Preventiva Sistemática.....	19
3.2.2.2	Manutenção Preventiva Condicionada.....	19
3.3	Análise dos Custos de Manutenção Corretiva ou Preventiva.....	20
3.4	Custos da Falta de Manutenção.....	20
3.5	Política de Manutenção.....	21
3.6	Gestão da Manutenção	21
3.6.1	TPM	21
3.6.1.1	5S.....	23
3.6.1.2	Diagrama de Causa-Efeito	24
3.6.2	RCM.....	25
3.7	Indicadores de Manutenção	25
3.7.1	Manutenibilidade	25
3.7.2	Fiabilidade	26
3.7.3	Disponibilidade.....	26

3.7.4	OEE.....	27
3.8	PFMEA.....	27
3.9	Aplicação de manutenção na SRAMPORT.....	28
3.9.1	KPIs	28
3.9.2	Gamas de manutenção de nível 1.....	30
3.9.3	Planeamento de Manutenção.....	33
3.9.4	Prevenção da Manutenção	35
4	Indústria 4.0.....	36
4.1	Conceito e tecnologias integradas	36
4.2	Indústria 4.0 na SRAMPORT.....	38
5	Fiabilidade.....	41
5.1	Tratamento de dados estatísticos relativos à fiabilidade dos equipamentos considerados críticos	41
6	Gestão do stock de Rolamentos	44
7	Prensas	46
7.1	Caracterização	46
7.2	Lubrificação.....	47
7.3	Ensaio de calibração das prensas.....	48
8	Motores e bombas de equipamentos críticos.....	52
8.1	Base de dados dos equipamentos críticos	52
9	Método para a monitorização da manutenção preventiva aos tambores das linhas de niquelagem	57
9.1	Sugestões de melhorias a adotar como medida preventiva.....	61
10	Análise da mistura de peças nas secadoras	63
10.1	Sugestões de melhoria	75
11	Conclusão.....	78
12	Referências bibliográficas.....	81

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 – Marcas adquiridas pelo grupo SRAM (SRAM, 2023).....	6
Figura 2.2 – Fábrica da SRAM em Coimbra.....	7
Figura 2.3 – Rolos de fita de aço.	8
Figura 2.4 – Lote de eixos.	9
Figura 2.5 – Processo de bariagem.....	9
Figura 2.6 – Forno Delta a 980 graus Celsius.....	10
Figura 2.7 – Linha de niquelagem.	10
Figura 2.8 – Componentes que constituem a corrente (Marco et al., 2018).....	11
Figura 2.9 - Corrente de 10 velocidades.	11
Figura 2.10 – Corrente de 12 velocidades Eagle.....	12
Figura 2.11 – CHC de uma linha de montagem.	12
Figura 2.12 – Máquina de tensionamento.	13
Figura 2.13 – LDF e respetiva caixa.....	14
Figura 2.14 – Corrente na bobinadora.....	14
Figura 2.15 – Correntes embaladas.	15
Figura 3.1 – Tipos de manutenção.....	18
Figura 3.2 – 8 Pilares TPM (Powell, 2023).....	22
Figura 3.3 – Diagrama de Causa-Efeito (ACCEPT, 2023).	24
Figura 3.4 - Tempos de manutenção em março 2023.	29
Figura 3.5 - Manutenção das ferramentas e respetivos números de pedidos e ordens.	30
Figura 3.6 - Gama de manutenção nível 1.....	32
Figura 3.7 - Quadro de planeamento de ações de manutenção.....	34
Figura 3.8 - <i>Layout</i> do quadro de planeamento de manutenção.	34
Figura 3.9 - Excerto da escala de prevenção.....	35
Figura 4.1 – Conceito da Indústria 4.0 (José et al., 2023).....	36
Figura 4.2 – Monitorização em tempo real dos parâmetros da prensa Haulick.	38
Figura 4.3 – Software Navigo.	39
Figura 4.4 – OEEs com os parâmetros da prensa Kaiser 1 e Kaiser 2.	40
Figura 4.5 - Parâmetros da OEEs da Kaiser 1.	40

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

Figura 5.1 - Designação de cada variável do MTBF.	41
Figura 5.2- Pedidos de intervenção na CHC da linha 4 e reagrupamento por cores das falhas.....	41
Figura 5.3 - Cálculo do MTBF de cada tipo de falha da CHC.	42
Figura 6.1 - Excerto da lista de rolamentos.....	44
Figura 6.2 – Célula do ficheiro para pesquisar os rolamentos.	45
Figura 6.3 - Pesquisa para remoção do rolamento.	45
Figura 6.4 - Excerto com alerta de risco do stock mínimo do rolamento.	45
Figura 7.1 – Estampagem das placas.....	46
Figura 7.2 – Módulo de ferramentas na prensa.	47
Figura 7.3 - Lubrificante aplicado a cada prensa.	48
Figura 7.4- Primeiro ensaio de calibração.....	49
Figura 7.5 - Ensaio de calibração correto.	49
Figura 7.6 - Valores medidos da prensa e da célula de carga no lado direito.....	50
Figura 7.7 - Valores medidos da prensa e da célula de carga no lado esquerdo.	51
Figura 8.1 – Chapa característica com desgaste.....	53
Figura 8.2 - Excerto de dados relativos a cada motor dos fornos.....	54
Figura 8.3 - Excerto dos restantes parâmetros associados a cada motor.	54
Figura 8.4 - Acesso ao utilizador das imagens de cada motor detalhado.	54
Figura 8.5 – Motor de um forno com a respetiva chapa característica.....	55
Figura 8.6 – Forno onde está localizado o motor.	55
Figura 8.7 – Número de equipamento atribuído pela SRAM.....	56
Figura 9.1 – Tambores na linha de niquelagem.	57
Figura 9.2 - Planeamento da manutenção preventiva dos tambores de niquelagem sem avarias.....	58
Figura 9.3 - Periodicidade da manutenção de cada tambor sem avarias.....	59
Figura 9.4 - Planeamento da manutenção preventiva da niquelagem com avaria no tambor 5.....	59
Figura 9.5 - Periodicidade da manutenção com avaria no tambor 5.....	60
Figura 9.6 - Planeamento da manutenção preventiva da niquelagem com avaria no tambor 9.....	60
Figura 9.7 - Periodicidade da manutenção com avaria no tambor 9.....	61
Figura 10.1 – Secadora das peças.	63

Figura 10.2 - Protocolo estabelecido para encontrar as causas das misturas de peças.	64
Figura 10.3 – “Carro” utilizado para transportar as peças para as secadoras.	65
Figura 10.4 – Tremonha limpa.	65
Figura 10.5 – Vibrador limpo.....	66
Figura 10.6 – Sorbolux na secadora.	66
Figura 10.7 – Íman do aspirador.	67
Figura 10.8 – Cartão Kanban.....	67
Figura 10.9 – Evacuação das peças presentes pós-secagem.....	68
Figura 10.10 – Colocação do pequeno íman.....	68
Figura 10.11 – Aspiração do sorbolux na fase final do protocolo.	69
Figura 10.12 – Protocolo efetuado após ensaio da secadora com as respectivas observações.	70
Figura 10.13 - Ensaio realizados em cada secadora consoante o tipo de peça.	71
Figura 10.14 - Análise pós-ensaios das falhas nos respetivos pontos do protocolo.	72
Figura 10.15 - Diversidade e variedade de falhas em cada ponto da check list.	72
Figura 10.16 - Falhas por cada secadora.....	73
Figura 10.17 - Falhas identificadas em cada ensaio realizado.	73
Figura 10.18 – Percentagem de ensaios com falhas.	74
Figura 10.19 - Divisão das falhas em pré e pós-evacuação.	74
Figura 10.20 - Falhas por tipo de peça.....	74
Figura 10.21 - Tempo de aspiração médio por secagem.	75
Figura 10.22 – Folga na rede de evacuação da secadora com placas retidas.....	76
Figura 10.23 – Protótipo do íman.	76
Figura 10.24 – Protótipo semelhante ao íman do aspirador.	77

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

CHC - Máquina de Montar Corrente em Contínuo
ETARI - Estação de Tratamento de Água Residual Industrial
FCH - Forno de Cementação e Têmpera
IA – Inteligência Artificial
IOT – *Internet of Things*
KPIs – *Key Performance Indicators*
LDF - Máquina de Corte de Corrente
LED – *Light Emitting Diode*
MTBF - *Mean Time Between Failures*
MTTR - *Mean Time To Repair*
OEE - *Overall Equipment Effectiveness*
PFMEA - *Process Failure Mode and Effect Analysis*
RCM - *Reliability-Centered Maintenance*
S1 – Semana 1
S2 – Semana 2
S3 – Semana 3
S4 – Semana 4
SAP - *System Applications and Products*
TPM - *Total Productive Maintenance*
vs - *Versus*

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

1 INTRODUÇÃO

O contacto com as empresas é imprescindível para expor toda a teoria absorvida e todos os conhecimentos adquiridos ao longo de um percurso académico. Assim, no âmbito do mestrado de Engenharia Mecânica, a realização de um estágio integrado no plano curricular é parte fundamental para o crescimento do aluno e do futuro profissional no mercado de trabalho desta vertente.

De entre as empresas indicadas para a especialidade do mestrado, a SRAM, uma empresa prestigiada no setor da produção e desenvolvimento de componentes mecânicos de bicicletas, foi a empresa escolhida para a realização deste estágio curricular, também pelo seu empreendedorismo, filosofia de sustentabilidade da empresa e sobretudo pelo crescimento e pelo impacto que esta tem em Coimbra, sendo a única representante a nível nacional, desta multinacional americana. É uma empresa diferenciada perante todas as outras existentes nesta vertente.

O presente relatório tem por base todo o trabalho realizado durante o estágio na SRAMPORT, nomeadamente, no setor da manutenção, o qual é fulcral para o bom funcionamento da fábrica. Dentro de várias tarefas propostas, o relatório consiste inicialmente numa contextualização da empresa, seguida da caracterização da fábrica, isto é, de todos os processos de fabrico e tratamentos térmicos envolventes, desde que chega um rolo de fita de aço à fábrica até à obtenção do produto final, a corrente da bicicleta.

Inicialmente, é estritamente necessário explicitar quais os tipos de manutenção existentes e quais as suas ações e aplicações na SRAMPORT, desde os indicadores de desempenho, ao planeamento e prevenção de todo o funcionamento da fábrica, com a garantia de que a Indústria 4.0 está implícita na fábrica, tal como na manutenção, com muitos dos equipamentos enquadrados no âmbito de manutenções preditivas em vez de manutenções preventivas, que é uma das manutenções prioritárias tendo em conta que é possível prever se o equipamento está prestes a falhar e atuar antes da anomalia, o que assegura a eficiência operacional da fábrica. Esta tecnologia possibilita também a comunicação com as máquinas, permite que estas guardem e enviem dados para serem analisados e ocorrer uma intervenção se necessário. A indústria 4.0 está cada vez mais presente no mundo empresarial e a SRAMPORT não é exceção, tentando acompanhar e implementar cada vez mais este conceito, das designadas fábricas inteligentes.

Para que os equipamentos possam atingir a sua plenitude e obter o seu melhor rendimento, é necessário que o equipamento em questão seja fiável. Assim, num dos tópicos desenvolvidos elaborou-se o cálculo de fiabilidade, o MTBF, para os equipamentos considerados mais críticos, ou seja, que apresentam maior probabilidade de falhar consistentemente, de modo que seja possível prever a periodicidade em que ocorrerá uma falha nesses equipamentos e antecipar a avaria.

De seguida, foi criado um ficheiro com uma listagem dos rolamentos presentes na SRAMPOR, onde o principal objetivo é certificar que não existe rutura de stock de rolamentos, pois, é um acessório com alguma saída no que diz respeito à prevenção de equipamentos, desempenhada pelos técnicos de manutenção. Uma boa gestão do material permite uma melhor eficiência e rentabilidade dos equipamento, como medida preditiva.

Um outro tópico abordado, é a relevância das prensas que são parte intrínseca no processo da estampagem, que segundo módulos, por arrombamento, dão origem e forma às placas interiores e exteriores que constituem uma corrente, no entanto, só é possível ter as melhores peças, sem rebarbas e com medidas corretas, se estas prensas possuírem uma boa lubrificação e estiverem devidamente calibradas para um melhor funcionamento e qualidade do produto.

Uma “base de dados” com toda a informação das chapas características dos motores considerados críticos presentes em toda a fábrica foi elaborada, para quando submetidos a qualquer tipo de manutenção, o técnico possua a informação ao seu dispor de uma forma mais eficaz e esclarecedora, porque nem sempre os dados relativamente a cada motor ou bomba estão visíveis, as chapas sofrem desgaste e por vezes o acesso ao equipamento é dificultado. Para além destes dados, foi introduzido nesta base de dados, o registo fotográfico e o número de equipamento no qual está alojado o motor/bomba, de forma a facilitar a compreensão e interpretação do técnico de manutenção face à intervenção.

De modo a garantir a melhor monitorização da manutenção preventiva dos tambores de niquelagem, algo que ainda não tinha sido desenvolvido pela empresa, a criação de um método para assegurar que todos os tambores cumprem com a sua manutenção preventiva, independentemente de qualquer avaria que possa antecipar ou adiar a intervenção periódica nos tambores de niquelagem, tal como explicado no capítulo 9. A niquelagem é um processo que confere sobretudo estética às peças, um maior brilho, e é bastante aplicada a todas as gamas de correntes, o que conduz a prejuízos avultados face a uma má monitorização, daí carecer de maior atenção para uma melhor eficiência operacional.

O último capítulo foi onde incidiu um dos principais desafios durante o estágio, o de encontrar as causas da mistura de peças que ocorre nas secadoras e procurar soluções para minimizar ao máximo esta contaminação. Esta temática implicou a realização de 40 ensaios, seguindo um protocolo definido, a fim de, analisar todos os dados e todas as hipóteses da origem da contaminação de cada lote de peças, e procurar dentro dos pontos mais críticos (aqueles que causam maior número de misturas após a análise dos resultados) sugestões de melhoria de modo a corrigir estes pontos e atenuar assim o número de misturas de peças, que são prejudiciais para a produção da corrente com a melhor qualidade possível.

A manutenção é um fator chave para o sucesso de qualquer empresa, devendo ser vista como uma função preponderante e não como um setor dispendioso. Tal facto é enaltecido quando os equipamentos não dão problemas e a manutenção é

considerada como uma função secundária, mas no fundo, é uma boa manutenção que proporciona uma boa gestão dos equipamentos e diminui a possibilidade de avaria ou anomalia dos equipamentos. Atualmente, a manutenção tem ainda mais importância, face ao desenvolvimento tecnológico e à capacidade de atuar prontamente antes de qualquer problema ocorrer. Sem a manutenção, as empresas teriam quebras significativas de produção, uma vez que esta é imprescindível para assegurar melhores tempos e qualidade dos equipamentos, o que é proporcional com uma melhor eficiência operacional num mundo tecnológico onde se tem cada vez mais a responsabilidade de ter as melhores ferramentas de manutenção colocadas em práticas.

1.1 Estrutura do relatório

Para uma melhor organização do documento é essencial entender os objetivos explicitados anteriormente na parte introdutória, que estão presentes ao longo do documento, consoante cada um dos capítulos. Assim, torna-se relevante entender a divisão do desenvolvimento do relatório de estágio.

Inicialmente, no capítulo 2, descreve-se e contextualiza-se toda a empresa do grupo SRAM, os valores que a empresa defende, a descrição dos processos de fabrico e quais os produtos que definem a imagem da empresa, o que motivou a realização do estágio curricular.

No capítulo 3, aborda-se a Manutenção, explica-se a importância deste setor no mundo fabril, tal como todos os tipos que existem a adotar como medidas de manutenção no mundo empresarial em prol dos objetivos e estratégias delineados por cada empresa. Posteriormente, ainda neste capítulo faz-se uma correlação da teoria com a prática em que a SRAMPORT se insere neste setor, com alguns exemplos de indicadores de manutenção praticados na fábrica.

Num mundo cada vez mais industrializado e tecnológico, no capítulo 4, realça-se a modernização no mundo fabril, a Indústria 4.0. Quais os seus impactos, vantagens e qual a ligação destes equipamentos numa forma de assegurar uma melhor manutenção, a designada Manutenção 4.0.

O capítulo 5 é referente à questão da fiabilidade dos equipamentos que mais avarias e ocorrências desencadeiam, sendo assim proposto um método em que foi calculado a partir de um dos indicadores de manutenção, o MTBF, a fiabilidade em equipamentos críticos. Permite assim, antecipar uma avaria ao saber o tempo estimado em que irá novamente ocorrer e estar devidamente preparado antes desta ocorrer, a designada manutenção preditiva.

Uma boa gestão do stock, garante uma melhor produtividade. No capítulo 6, como estratégia de reduzir os tempos em intervenções por possíveis problemas de stock e decadências operacionais em equipamentos devido à falta de material, desenvolveu-se um ficheiro que garante o stock mínimo de um dos materiais bastantes

requisitados diariamente na manutenção da fábrica, os rolamentos. A mesma técnica pode ser aplicada a outros materiais para que se assegure a melhor eficiência operacional possível.

O capítulo 7 incide nas prensas, equipamento onde se dá início ao processo de fabrico de um dos componentes que constitui a corrente, as placas. Onde enaltece-se não só a força de prensagem como a importância da calibração destas para uma otimização no processo de fabrico e numa melhor manutenção.

No capítulo 8 são recolhidos dados das chapas características dos motores considerados como críticos na fábrica e elaborada uma “base de dados” para ajudar num melhor desempenho por parte dos técnicos de manutenção, isto em caso de haver alguma avaria ou intervenção ter-se ao dispor toda a informação sobre o motor/bomba do equipamento, para não haver quebras produtivas, seja em que setor for.

O objetivo do capítulo 9 é conseguir o melhor método de monitorização da manutenção preventiva dos tambores das linhas de niquelagem, sendo que não é possível prever avarias, mas sim, poder atenuar e criar ciclos alternativos em caso de surgirem estas intervenções. De modo que o ciclo de manutenção preventiva destes tambores se mantenha dentro do aceitável pela empresa.

O último capítulo do desenvolvimento, capítulo 10, pode ser referido como um dos principais capítulos do trabalho desenvolvido durante o estágio. Centrou-se numa análise rigorosa de entender o porquê de haver mistura de peças/componentes nas secadoras que a fábrica possui, seguindo um protocolo pré-estipulado. O intuito desta extensa análise e a realização de cada um dos ensaios nas secadoras incidiu em identificar as causas para a ocorrência destas misturas e procurar soluções fiáveis para minimizar o prejuízo e aumentar assim as percentagens de sucesso na produção, sem contaminação dos lotes, ou seja, reduzir substancialmente estas misturas para que possam ser aceites pelo departamento da qualidade.

No capítulo 11, a conclusão, que serve como síntese e análise a cada um dos objetivos traçados em cada um dos capítulos, reforçando aspetos importantes e pontos chave para a melhoria da empresa e também como ferramenta para o desenvolvimento pessoal e profissional em trabalhos futuros.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

2 SRAM

2.1 Contextualização da empresa

A SRAM é uma empresa fundada em 1987 em Chicago, nos Estados Unidos da América, dedicada à produção, melhoria e desenvolvimento de vários componentes inovadores para bicicletas. A sigla SRAM é derivada dos acrónimos Scott, Ray e Sam, os fundadores da empresa.

Com presença em 15 países, tem ao seu dispor mais de 3500 colaboradores e inúmeras marcas que tem adquirido sucessivamente, contribuindo para um maior crescimento e consolidação no mercado global.

Destas marcas adquiridas, estão incluídas a RockShox, TRUVATIV, Zipp, Quarq e TIME (Figura 2.1), que são das mais notáveis no ciclismo. Produzem diversos componentes, entre eles: travões, desviadores, cassetes, manípulos de mudanças, pedaleiras, pedais, suspensões, guiadores, rodas, cubos e medidores de potência, dos mais conceituados no mundo. Fruto disto, a SRAM, constitui a segunda maior fabricante de componentes para bicicletas no mundo.

Para além destas marcas, a empresa abrange dois projetos de carácter social e humanitário. Ambos os projetos almejam reforçar a magnitude da bicicleta – o meio de transporte mais saudável, económico e energeticamente eficiente do mundo – para que não caia em desuso em prol das pessoas e do planeta.



Figura 2.1 – Marcas adquiridas pelo grupo SRAM (SRAM, 2023).

2.2 Caracterização da SRAMPORT

Um desses países onde está presente a empresa norte-americana, é em Portugal, com a fábrica localizada em Coimbra, na zona industrial da Pedrulha, a SRAMPORT.

O estágio que motivou o presente relatório, teve lugar nesta subsidiária da multinacional americana (Figura 2.2). De momento, é a única unidade fabril do grupo em Portugal, é imprescindível no setor económico e essencial no ecossistema empresarial da cidade portuguesa.



Figura 2.2 – Fábrica da SRAM em Coimbra.

A fábrica que já existe desde 1968, onde já eram produzidos alguns tipos de correntes para motociclos e também bicicletas, foi adquirida pelo grupo SRAM em 1997, após compra do grupo Sachs, ao qual pertencia a unidade fabril.

A presença da SRAM em Portugal não só contribui para o desenvolvimento do contexto empresarial, como enaltece o seu crescimento e coloca o país num dos principais produtores de componentes de alta qualidade para a indústria de bicicletas em todo o mundo.

A unidade industrial portuguesa dedica-se essencialmente à produção e desenvolvimento de correntes, mas também, de rodas, cubos e pedais.

Face à evolução da fábrica, estão empregados neste momento mais de 200 colaboradores, desde os operadores ao pessoal do escritório. Cada colaborador tem a sua função, mas o denominador comum é sempre mesmo, o sucesso e crescimento do grupo SRAM.

A capacidade produtiva é proporcional à ascensão da empresa. Anualmente, são produzidos em Coimbra milhões de metros dos vários tipos de corrente e a maior parte dos produtos fabricados é destinada à exportação, sendo o maior foco a Europa com 70%, seguindo-se a América do Norte e a Ásia. Existe uma grande possibilidade das mais conceituadas bicicletas do mundo possuírem uma corrente produzida em Coimbra.

Com uma visão a pensar no futuro e no ambiente, a empresa tem várias iniciativas e projetos de racionalização e redução de energia. Assim, adotou na sua unidade fabril o uso amplo de lâmpadas LED, a redução do plástico, a utilização de embalagens recicladas no embalamento e o reaproveitamento das águas da ETARI.

2.2.1 Processos de fabrico dos componentes

Como referido anteriormente, a unidade fabril de Coimbra produz vários tipos de corrente, rodas, cubos e pedais. Contudo, existe um longo processo de fabrico destas componentes, desde o processo de corte, até ao embalamento.

Para uma melhor organização da fábrica, esta divide-se em três unidades de produção: as peças soltas, a montagem das correntes e também a montagem de rodas, cubos e pedais.

2.2.1.1 Peças soltas

É nas peças soltas que se inicia todo o processo de fabrico, sem esta unidade de produção nunca se conseguiriam fabricar correntes.

É aqui que enormes rolos de fitas de aço (Figura 2.3) são estampados em prensas pelas respectivas ferramentas pré-programadas, consoante o tipo de placa que se pretende produzir. O processo da estampagem é bastante eficiente e preciso, pois permite produzir peças em grande escala num curto espaço de tempo. Neste caso, as placas interiores e exteriores que constituem as correntes.

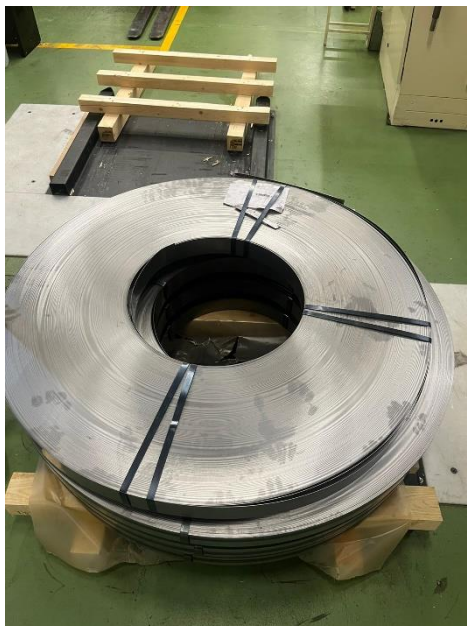


Figura 2.3 – Rolos de fita de aço.

Um outro componente presente na constituição das correntes são os eixos, como demonstra a Figura 2.4. Estes são produzidos por um processo de deformação, a cisalhagem. Os eixos provêm de rolos de aço trefilado, um aço que passa por uma fiação a frio, originando uma redução gradual da sua secção transversal e um melhor acabamento das suas superfícies lisas. Seguidamente, os eixos são cortados a partir de cisalhas rotativas.



Figura 2.4 – Lote de eixos.

Posteriormente ao processo de estampagem, os componentes que constituem a corrente de uma bicicleta estão sujeitos a tratamentos térmicos e de superfície, para garantir uma maior segurança e qualidade do produto final. Neste setor das peças soltas estão implícitos estes tratamentos, que variam consoante o tipo de corrente a fabricar.

Inicialmente, é aplicado o tratamento de superfície, designando-se pelo processo de “bariagem” (Figura 2.5). Consiste em eliminar todos os agentes externos que estejam presentes no componente a tratar, como a remoção de óleos oriundos do processo da estampagem, de rebarbas existentes e de óxidos que se possam ter acumulado na superfície de cada contentor dos componentes. Trata-se de uma lavagem com água e abrasivos em tambores específicos para este tratamento, seguida de uma secagem e polimento, deixando cada componente com o aço constituente o mais puro possível.



Figura 2.5 – Processo de bariagem.

Após este procedimento, as peças são colocadas em “retortas”, compartimentos cilíndricos que carregam os componentes para os tratamentos térmicos. É aqui que é realizado o tratamento térmico Delta nos respectivos fornos, como se vê na Figura 2.6, com temperaturas a rondar os 980 graus Celsius. A temperatura tem de ser superior à do revenido, que ronda os 200 graus e da cementação na ordem dos 900 graus. Também a têmpera está incluída nestes tratamentos térmicos. Estes processos estão dependentes consoante cada tipo de peça a ser tratada, contudo todos eles vão conceder aos componentes uma maior dureza e resistência ao desgaste, o que facultará à própria corrente uma melhor qualidade e fiabilidade do produto ao cliente.



Figura 2.6 – Forno Delta a 980 graus Celsius.

Concluídos estes tratamentos, as peças voltam novamente à bariagem, onde são lavadas com o propósito de remover a sujidade e a tonalidade acastanhada causada pelos óxidos.

Ainda nesta unidade de produção, alguns componentes de certos tipos de corrente, estão sujeitos ao processo de niquelagem. Assim, as peças são mergulhadas numa linha de niquelagem (Figura 2.7), em que o níquel lhes confere essencialmente um brilho mais saliente, tornando-se assim mais apelativas esteticamente.



Figura 2.7 – Linha de niquelagem.

2.2.1.2 Montagem das correntes

Outra unidade de produção, como enumerada inicialmente, é a montagem de correntes. É neste setor que, após todos os tratamentos e processos da unidade das peças soltas estarem concluídos, os componentes que constituem a corrente se deslocam em contentores, ainda que separados.

No total são quatro esses componentes (Figura 2.8): placas exteriores, placas interiores, eixos e rolos, sendo que apenas os rolos são adquiridos a fornecedores externos e os restantes fabricados na própria fábrica.

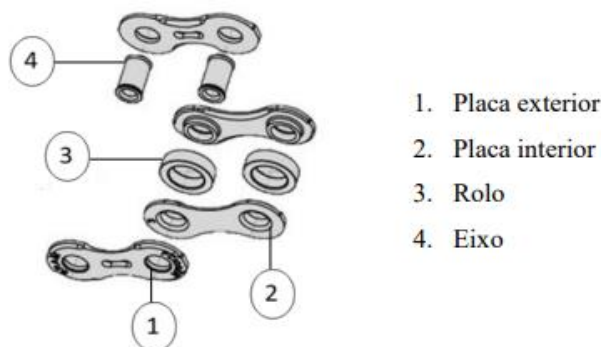


Figura 2.8 – Componentes que constituem a corrente (Marco et al., 2018).

Atualmente na fábrica existem dez linhas de montagem de corrente. Em todas elas a metodologia é idêntica, variando consoante o modelo de corrente que se está a fabricar.

As linhas de montagem têm um objetivo definido de metros por hora, variando de linha para linha, dependente do tipo de corrente que se está a fabricar. Por exemplo, a linha 1 e a linha 3, linhas mais antigas, têm como objetivo produzir 500 metros por hora, sendo responsáveis por produzir correntes de 7,8, 9 e 10 velocidades. Estas correntes apresentam uma flecha maior porque as cassetes destas bicicletas são mais largas, ou seja, é necessária uma maior flexibilidade da corrente para engrenar em todos os carretos, como se vê na Figura 2.9, uma corrente de 10 velocidades.



Figura 2.9 - Corrente de 10 velocidades.

Enquanto as linhas de montagem 8 e 9, mais recentes, têm como objetivo 370 metros por hora, produzindo correntes de 12 velocidades Eagle (Figura 2.10). Estas correntes possuem uma flecha menor porque as cassetes utilizadas para estas correntes são mais estreitas e leves, com o objetivo de melhorar a transmissão. Neste tipo de corrente controla-se a altura da malha interior e altura da malha exterior, visto que, o conjunto de transmissão utilizado não tem os dentes dos carretos todos com a mesma espessura, o que melhora também a transmissão.



Figura 2.10 – Corrente de 12 velocidades Eagle.

A montagem das correntes começa com um processo fundamental e complexo, as designadas máquinas de linha de montagem, CHC (Figura 2.11), que unem todos os componentes que formam uma corrente.



Figura 2.11 – CHC de uma linha de montagem.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

Os quatro componentes são distribuídos separadamente pelos alimentadores da CHC, onde chegam por impulso de sopros periódicos de ar, assegurando assim a presença de cada componente em cada módulo correspondente aos alimentadores da CHC. Seguidamente, cada componente desce por gravidade pela sua respetiva calha, em cada um dos cinco módulos onde estão inseridos.

Todos os módulos têm de trabalhar em conformidade. Se o primeiro módulo falhar, todos os outros também não poderão funcionar corretamente por estarem interligados entre si.

No primeiro módulo, descem pela calha os eixos, dois deles são cravados na placa exterior inferior, dando origem a um elo.

No segundo e terceiro módulo, respetivamente, os elos são unidos entre si pela placa interior inferior e após este procedimento inserem-se os rolos, em cada um dos eixos.

No quarto módulo dá-se a colocação da placa interior superior, seguindo-se para o quinto e último módulo, onde é introduzida a placa exterior superior, que é o componente final. Contudo, para completar e fechar assim a corrente na íntegra do ciclo da máquina de montagem, a CHC, é necessário haver ainda um controlo na calibração das cotas dos eixos que saem fora das placas.

De forma a garantir que a estrutura da corrente se mantém intacta, os eixos vão sofrer a rebitagem após a corrente sair da CHC, fixando assim a união de todos os componentes, neste que é o último passo onde asseguramos a construção do modelo da corrente.

De seguida, a corrente sofre o tensionamento (Figura 2.12), que consiste em aplicar um terço da sua força/carga de rotura total, a fim de consolidar a corrente e certificar que esta detém a máxima resistência e melhor qualidade possível face a qualquer impacto ou força a que esta esteja sujeita na sua utilização.

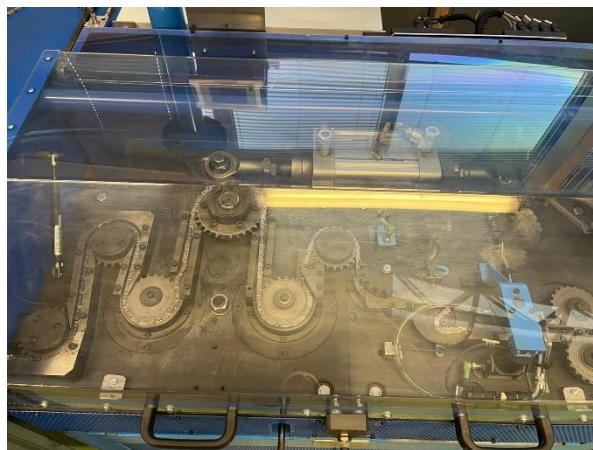


Figura 2.12 – Máquina de tensionamento.

Posto isto, a próxima etapa é controlar possíveis defeitos ou irregularidades que possam estar presentes nas correntes durante o seu processo de montagem, a partir de um sistema de visão artificial com câmaras altamente sofisticadas. Se porventura for detetada qualquer inconformidade, o sistema da máquina de visão regista e alerta o operador. Posteriormente, a corrente segue para uma lubrificadora, onde é lubrificada de modo a estar devidamente funcional para o cliente.

Já com a corrente operacional, é enviada para a LDF, máquina designada com este termo, que é a responsável pelo corte pré-programado consoante o número de malhas desejável e pretendido pelo cliente. Após a corrente estar cortada, a LDF envia-a para uma caixa, onde é embalada, como se pode visualizar na Figura 2.13.

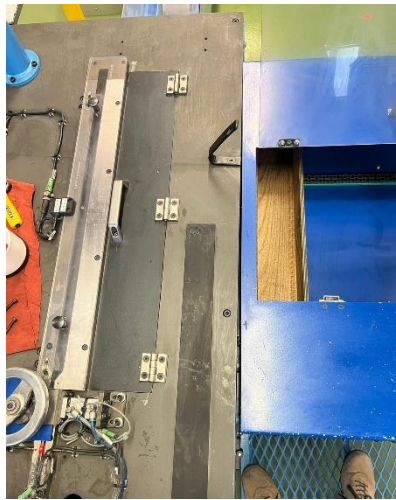


Figura 2.13 – LDF e respetiva caixa.

Por vezes, existem clientes que pretendem a corrente em rolos. Nestes casos específicos, a corrente não chega a entrar na LDF, pois não é cortada mas sim bobinada, um exemplo deste processo está demonstrado na Figura 2.14.

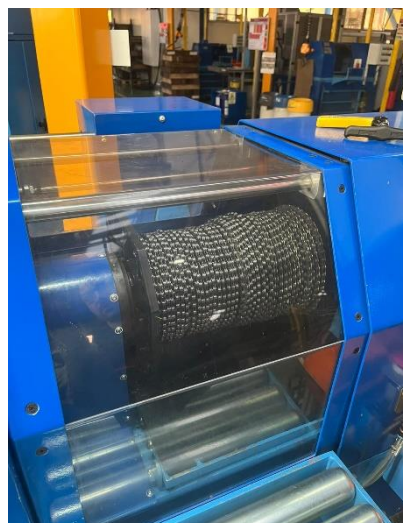


Figura 2.14 – Corrente na bobinadora.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

Finalizado este processo, as correntes já embaladas ou bobinadas seguem para o armazém de expedição, no qual serão entregues aos clientes (Figura 2.15).



Figura 2.15 – Correntes embaladas.

2.2.1.3 Montagem de rodas, cubos e pedais

A montagem de rodas, cubos e pedais é totalmente independente das outras unidades de produção. Não está localizada no mesmo edifício das restantes unidades, devido a não necessitar de qualquer material proveniente destas.

As rodas estão sujeitas a vários testes de resistência e tensão dos seus raios, que por sua vez fazem a ligação do aro com o cubo, para que o produto final chegue nas melhores condições ao cliente.

2.2.2 Engenharia da SRAMPORT

Todo o processo supracitado, desde o fabrico e montagem dos componentes até à embalagem e expedição das correntes, necessita de uma grande avaliação e empenho por parte dos departamentos de engenharia da SRAMPORT.

O departamento de qualidade tem de aprovar cada lote e certificar-se que não existe qualquer lacuna ou erro de medição de qualquer peça, malha ou constituinte da corrente. Em suma, tem de garantir que cada corrente produzida está apta e funcional para o cliente com a ajuda das máquinas de visão que indicam se as correntes se enquadram nos parâmetros definidos consoante o tipo de corrente a produzir.

A produção certifica que tudo está operacional, de forma a que os operadores produzam os modelos de corrente pretendidos nas quantidades expectáveis, tal como o desenvolvimento e desenho de peças com vista a uma maior produtividade de correntes.

O departamento de testes e melhoria procura soluções mais fiáveis e rentáveis para cada componente, assim como inovar e criar novos modelos de corrente topo de gama.

A manutenção é dos setores mais importantes de uma fábrica, a SRAMPORT não é exceção. É responsável por assegurar que todos os equipamentos e que todo o funcionamento da fábrica está na sua plenitude, corrigindo qualquer anomalia no menor espaço de tempo, com uma visão de prevenção e melhoria da eficiência e fiabilidade de cada mecanismo da fábrica, independentemente da unidade de produção.

Todos estes departamentos, tal como todos os colaboradores são parte fundamental no crescimento e na competência da empresa.

3 MANUTENÇÃO

3.1 Definição de manutenção industrial

Ao longo dos últimos anos as indústrias têm sofrido várias mudanças em busca de uma maior produtividade e eficiência operacional, a que damos o nome de revoluções industriais.

Atualmente, devido a esta competitividade e requisitos de mercados, a manutenção tem tido um papel cada vez mais estratégico em cada indústria, onde a qualidade do produto final e os prazos estabelecidos têm de estar assegurados com um bom planejamento para o agrado de ambas as partes (empresa e cliente).

De forma a garantir o cumprimento de prazos e terem rentabilidade produtiva e operacional, as empresas acabam por realizar grandes investimentos em material, equipamento e maquinaria com vista a obter o maior retorno possível do investimento, para não entrarem em decadência para com a concorrência.

Contudo, estes equipamentos por mais sofisticados e modernos que sejam, também apresentam falhas e precisam de cuidados/reparações para manter uma boa capacidade de produção ou pelo menos apresentar uma rentabilidade que cubra o investimento e as necessidades da fábrica. Os equipamentos são alvos de uma degradação ao longo do tempo de vida útil, necessitando que sejam asseguradas as melhores condições de trabalho. Isto só é possível com uma boa gestão de manutenção, garantindo maior disponibilidade do equipamento (Lemos et al., n.d.).

Para evitar que existam perdas significativas nas indústrias, como quebras de produção e custos operacionais acrescidos, a manutenção tem um papel preponderante na prevenção, controlo e reparação de todos os equipamentos presentes nas instalações industriais, a fim de se atingirem os níveis produtivos estabelecidos e desejados pelas empresas.

A manutenção industrial tem como objetivo intervir na presença de defeitos, assim como prevenir e minimizar o tempo de reparação de um equipamento e sobretudo garantir o funcionamento básico do sistema (indústria), apesar de qualquer anomalia que possa ocorrer.

Um dos grandes desafios da manutenção industrial assenta na implementação de um tipo de manutenção adequado, que assegure a maximização dos tempos de bom funcionamento dos equipamentos e na eficiência energética da indústria. A destreza na escolha do tipo de manutenção a adotar tem impacto no consumo e no custo energético industrial, com o objetivo de ter uma maior rentabilidade e eficiência dos equipamentos, assim como uma maior segurança e controlo do estado de cada um deles, sem esquecer a redução dos impactos ambientais.

De acordo com a norma europeia NP EN 13306: 2010, a manutenção é definida como uma combinação de todas as ações técnicas, administrativas e gerenciais

durante o ciclo de vida de um item, destinado a retê-lo ou restaurá-lo para um estado em que ele possa executar a função requerida nas melhores condições.

3.2 Tipos de manutenção

Os tipos de manutenção existentes podem ser distribuídos em diferentes tipos. Os dois principais e que posteriormente se dividem são denominados manutenção corretiva e manutenção preventiva. Dentro da manutenção corretiva incluem-se a manutenção corretiva de urgência e corretiva deferida enquanto a manutenção preventiva se divide em sistemática ou condicionada. Abaixo são explicadas as características relativas a cada um dos tipos de manutenção enumerado anteriormente (Figura 3.1).

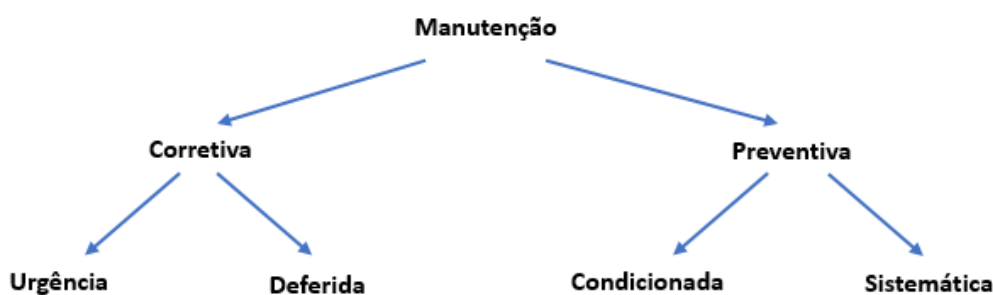


Figura 3.1 – Tipos de manutenção.

3.2.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva surge como uma necessidade após o aparecimento de algum problema com um equipamento e de forma a atenuar ou corrigir completamente esse problema, de modo que o equipamento retorne ao seu normal funcionamento no menor espaço de tempo possível. Este tipo de manutenção pode passar pela substituição de uma ou mais peças ou em certos casos pela substituição completa do equipamento. A manutenção corretiva apenas acontece em caso de avaria ou falha e não segue um planejamento prévio (Da & Lima, n.d.-a).

3.2.1.1 Manutenção Corretiva de Urgência

A manutenção corretiva de urgência realiza-se imediatamente após uma falha grave de um sistema ou equipamento com o intuito de minimizar os riscos à segurança e as perdas de produtividade e reestabelecer de forma praticamente imediata o funcionamento correto do equipamento. Devido ao modo de operação rápido não existe qualquer tipo de planejamento anterior para este tipo de situações. A manutenção corretiva de urgência não deve ser uma prática a adotar de forma frequente nem a primeira escolha como prática de manutenção, sendo apenas adotada em casos de extrema necessidade.

3.2.1.2 Manutenção Corretiva Deferida

Em situações em que a correção da falha no sistema ou equipamento não é urgente a resolução do problema não acontece imediatamente a seguir à falha ou avaria ser detetada, mas é agendada a resolução para um momento posterior em que o processo de manutenção não vá interferir com as restantes operações a decorrer simultaneamente. Neste caso, como não se atua de forma urgente, a manutenção já seguirá instruções mais definidas de manutenção. A reparação da avaria ou falha pode ser adiada por vários motivos incluindo o tempo de espera por alguma peça, razões orçamentais, disponibilidade de mão de obra qualificada ou ainda priorização de outros procedimentos.

3.2.2 Manutenção Preventiva

Enquanto a manutenção corretiva ocorre como uma reação a um problema, a manutenção preventiva tem como objetivo prevenir a ocorrência de falhas futuras nos sistemas e equipamentos. Segue assim um planeamento prévio e ocorre de forma programada com uma certa periodicidade de forma que se evitem quebras na linha de produção. Entre as ações que se incluem na prevenção de problemas incluem-se inspeções periódicas, limpeza frequente dos equipamentos ou ainda substituição de peças em estado avançado de desgaste. A vantagem da manutenção preventiva é assegurar um maior tempo de vida útil para os equipamentos assim como reduzir os custos associados a substituição e reparação de peças (Da & Lima, n.d.-b).

3.2.2.1 Manutenção Preventiva Sistemática

A manutenção preventiva sistemática acontece de forma programada e tem como objetivo minimizar o número de avarias nos equipamentos. Com esse intuito e de forma periódica operações de manutenção como substituição de peças, calibração dos equipamentos, revisão do seu estado mesmo que os equipamentos se encontrem em normal funcionamento. A frequência deste tipo de revisões vai depender de diferentes fatores como por exemplo o número de operações realizadas pelos equipamentos ou peça, o número de horas de funcionamento. Desta forma, são planeadas operações de manutenção dos sistemas com o intuito de reduzir períodos de inatividade, manter os níveis de produção, evitar falhas abruptas e aumentar a duração dos equipamentos.

3.2.2.2 Manutenção Preventiva Condicionada

A manutenção preventiva condicionada baseia-se na observação de determinados parâmetros que indicam em tempo real o estado de equipamentos ou sistemas em funcionamento. Quando os valores destes parâmetros atingem valores fora dos intervalos de referência utilizados operações de manutenção são levadas a cabo para resolver o problema e reduzir o tempo de inatividade. Alguns exemplos de parâmetros que podem ser medidos são a temperatura, o ruído, a pressão ou o movimento. Este tipo de manutenção não segue uma calendarização estabelecida, mas depende fortemente de equipamentos de monitorização contínua ou periódica

que permitam agir o mais rapidamente possível em caso de detecção de avaria ou funcionamento incorreto.

3.3 Análise dos Custos de Manutenção Corretiva ou Preventiva

Existem custos de manutenção inerentes tanto à manutenção corretiva como à manutenção preventiva. Custos relacionados a mão de obra necessária para a reparação de avarias ou substituição de peças, custo das peças ou equipamentos para substituição, custos relacionados com a perda de produção durante o período de inatividade durante o qual se realiza a inspeção do problema ou se resolve a avaria. No caso da manutenção preventiva crescem os custos com equipamentos de monitorização e softwares de análise dos indicadores de possíveis falhas. No caso da manutenção corretiva os custos não surgem até ao momento da avaria ou falha do sistema ou equipamento, porém os custos podem superar os custos da manutenção preventiva devido a interrupções mais prolongadas na produção que diminuem a eficiência e produtividade do sistema, problemas causados em outros equipamentos que não o equipamento onde se deu a avaria inicial, levando a custos adicionais e o custo de peças ou equipamentos comprados à última hora é mais elevado. A manutenção preventiva, apesar dos gastos regulares em equipamentos sofisticados de análise, reduz o custo geral ao conferir uma maior eficácia no geral com tempos de inatividade menores comparativamente a casos de manutenção corretiva (Marcorin et al., 2004).

3.4 Custos da Falta de Manutenção

Os custos associados à ausência de manutenção podem ser categorizados em custos diretos e custos indiretos. Entre os custos diretos incluem-se o custo com mão de obra, peças e equipamentos de substituição usados na reparação da avaria ou falha e outros custos do processo de manutenção em si. Os custos de manutenção indiretos prendem-se com as consequências da indisponibilidade dos equipamentos ou sistemas. O período de inatividade causa perdas de produção e a danificação e o desgaste das peças e equipamentos levam a uma redução na qualidade do produto. Tudo isto pode conduzir a uma redução nas receitas originadas e perda de clientes.

Se um equipamento, por exemplo uma prensa, estiver inoperacional por algumas horas pode traduzir-se num prejuízo de milhares de euros, devido à decadência e impacto na produção de componentes que terá em toda a fábrica.

A manutenção é assim a forma de reduzir custo de produção. A relação de dependência entre o nível de manutenção aplicado no sistema e o custo dessa manutenção. A otimização do processo de manutenção leva causa uma redução dos custos, mas quando o nível de manutenção aumenta o custo total também sofrerá um aumento devido aos custos com manutenção preventiva. O aumento dos custos

com manutenção preventiva aumenta ao mesmo tempo que os custos relacionados com falhas diminuem (Salonen & Deleryd, 2011).

3.5 Política de Manutenção

A política de manutenção é definida como o conjunto de medidas e estratégias de manutenção a adotar num qualquer processo de modo a garantir a produção e a eficácia do sistema de produção. Os fatores a ter em consideração na definição da política de manutenção incluem o tipo de manutenção, as suas características como periodicidade e os parâmetros ou indicadores a serem avaliados, programação da manutenção, mão de obra especializada entre outros aspetos de maior ou menor importância. A política de manutenção tem de levar em consideração todos estes fatores com o objetivo de definir políticas de manutenção adequadas que permitam uma redução dos custos de manutenção, reduzir o tempo de paragem de produção devido a avaria e aumentar a eficácia de produção (Ding & Kamaruddin, 2015).

3.6 Gestão da Manutenção

A gestão da manutenção é o conjunto de atividades que têm como objetivo garantir a eficiência dos processos de manutenção ao longo do processo produtivo de uma empresa. O planeamento da manutenção visa uma utilização eficiente dos recursos humanos, financeiros e materiais quando se tenta alcançar um bom funcionamento dos equipamentos e reduzir tempo de inatividade devido a falhas ou avarias. As manutenções corretivas e preventivas pretendem garantir o bom funcionamento e desempenho dos equipamentos e sistemas. A gestão da manutenção pretende a melhoria contínua de forma a melhorar eficiência do processo produtivo, um valor positivo para os indicadores de manutenção, a redução dos custos da manutenção e aumentar a produtividade do processo produtivo (Cordeiro & Assumpção, 2016).

3.6.1 TPM

Total Productive Maintenance (TPM), em português, Manutenção Produtiva Total é um processo de gestão de manutenção que tem como objetivo melhorar a eficiência dos equipamentos para um processo de produção mais eficaz. Esta metodologia envolve um conjunto de atividades de manutenção que devem ter como base a participação de todos os colaboradores da empresa com o objetivo de reduzir os tempos de inatividade não programados dos equipamentos devido a falhas ou avarias, eliminar os defeitos na produção, reduzir os desperdícios no processo produtivo, melhorar os indicadores de manutenção e aumentar a qualidade do produto. No geral, TPM visa a melhoria do processo produtivo como um todo, desde a formação de colaboradores até ao aumento da disponibilidade dos equipamentos para atingir um processo de produção de excelência (Figura 3.2). A implementação da metodologia

TPM é baseada em oito pilares, indicados e explicados de seguida (International Journal of Modern Engineering Research, 2012).

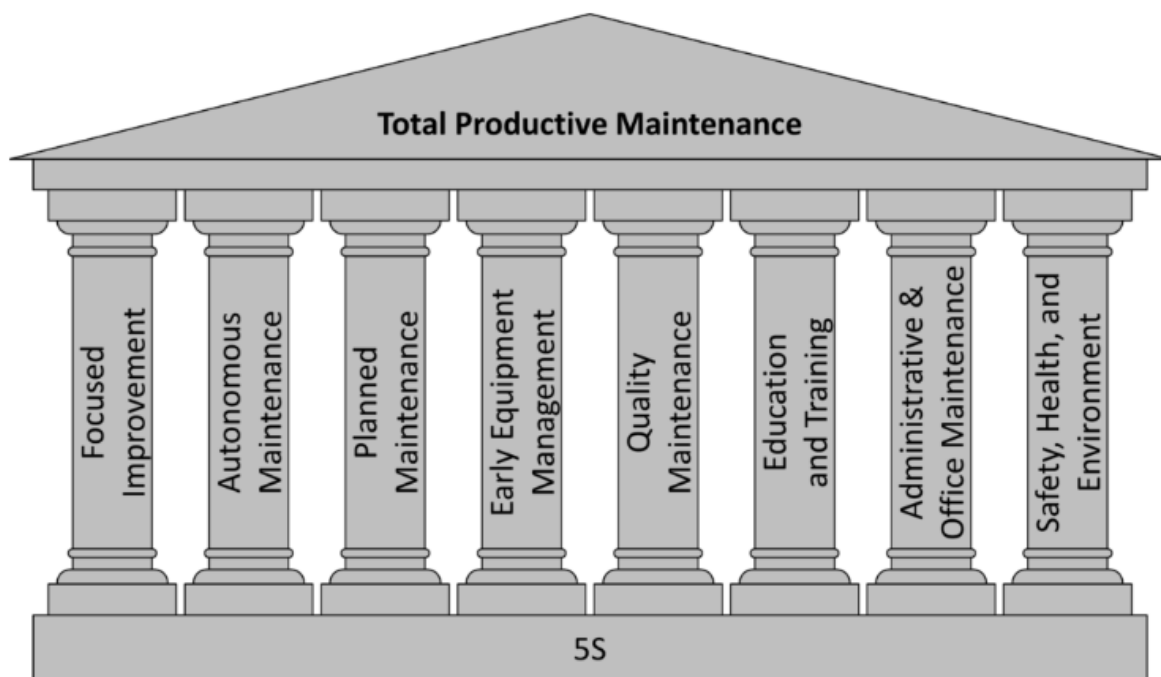


Figura 3.2 – 8 Pilares TPM (Powell, 2023).

1. Melhoria focada ou específica

Este método permite a melhoria contínua dos processos de produção. Pequenas melhorias são realizadas na utilização de equipamentos e ocorrem recorrentemente de modo a prevenir perda de eficiência dos equipamentos ao longo do tempo.

2. Manutenção autónoma

A manutenção autónoma envolve a realização de pequenas tarefas básicas de manutenção por parte de operadores de forma regular nos equipamentos, de forma a evitar falhas e melhorar a eficiência dos equipamentos. Essas tarefas podem ser de limpeza, lubrificação e inspeção.

3. Manutenção planeada

A manutenção planeada é baseada na manutenção preventiva de forma a reduzir o tempo de paragem não planeado devido a avarias. Inclui o planeamento das atividades periódicas de manutenção e tem como objetivo reduzir períodos de inatividade e aumentar o tempo devida útil nos equipamentos.

4. Gestão antecipada

Antes da utilização de um novo equipamento deve ter-se em consideração a experiência anterior na utilização de equipamentos, na sua manutenção por parte dos operadores. O planeamento prévio da utilização e manutenção do equipamento

permite reduzir o tempo de desenvolvimento e experimentação de forma a melhorar a gestão de novos equipamentos. Este tipo de gestão conduz a um menor número de problemas operacionais de arranque e a uma otimização mais rápida do processo produtivo assim como a procedimentos de manutenção facilitados devido ao conhecimento prévio adquirido.

5. Manutenção de qualidade

A qualidade dos produtos está diretamente relacionada com a qualidade dos equipamentos. Por essa razão, atividades de manutenção que assegurem a preservação da qualidade dos equipamentos, o seu bom funcionamento e eliminem defeitos na produção são essenciais para garantir a qualidade do produto.

6. Treino e educação/formação

A formação e treino de todos os colaboradores envolvidos no processo produtivo é importante para melhorar as suas capacidades e conhecimentos possibilitando um aumento na eficácia do processo. O processo de formação pretende dar aos colaboradores as ferramentas necessárias para desempenhar as atividades de manutenção de forma autónoma e desenvolver a capacidade de identificação de problemas.

7. TPM nos processos administrativos

As atividades administrativas influenciam a eficiência dos processos de produção, assim a melhoria dos processos de gestão leva a um conseqüente aumento da produtividade.

8. Segurança, saúde e meio ambiente

Este pilar tem como objetivo reduzir o número de acidentes de trabalho ao máximo ao mesmo tempo que se garanta um ambiente de trabalho saudável e seguro para os funcionários reduzindo ao máximo todos os riscos. O bem-estar dos funcionários é tido em conta como uma prioridade assim como a preservação do meio ambiente e a sua não degradação.

3.6.1.1 5S

A metodologia 5S consiste num conjunto de 5 ferramentas que têm como objetivo organizar e melhorar o processo de manutenção. Estas 5 ferramentas têm como designação palavras japonesas, todas começadas pela letra S. A seguir é indicado para cada uma dessas ferramentas qual a mudança a adotar no local de produção. Em conjunto, todas estas medidas contribuem para a limpeza, organização e melhoria do processo de produção tendo como consequência uma redução de custos e do número de falhas e melhoria do processo produtivo (Dauch et al., 2016).

Seiri (senso de arrumação) – separar o que é essencial do que não é essencial; todos os materiais e ferramentas que não são indispensáveis no local de trabalho devem ser removidos para proporcionar um ambiente de trabalho mais organizado.

Seiton (senso de organização) – organizar todos os materiais e ferramentas indicados anteriormente de forma acessível para que todos os possam encontrar de forma facilitada e sem perdas de tempo.

Seiso (senso de limpeza) – manter o local de trabalho e os equipamentos limpos e arrumados de forma a manter tudo em ordem.

Seiketsu (senso de normalização) – criar um padrão de conduta relativamente aos três conceitos anteriores; criar rotinas e regras para ter sempre o local de trabalho e os materiais limpos, arrumados e organizados.

Shitsuke (senso de disciplina) – perpetuar os hábitos criados nos 4S anteriores para um processo de melhoria contínua mantendo as alterações efetuadas ao longo do tempo.

3.6.1.2 Diagrama de Causa-Efeito

O diagrama de causa-efeito também denominado diagrama espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa é utilizado na manutenção como uma forma de auxílio visual na identificação de potenciais causas de um problema. Construído da direita para a esquerda começando pela identificação do efeito, que é colocado à direita do diagrama, na ponta da seta ou na “cabeça do peixe”. A partir da identificação do efeito as possíveis causas vão ser atribuídas e colocadas na parte esquerda do diagrama ou na “espinha do peixe”. O diagrama de causa-efeito apresenta uma estrutura semelhante à demonstrada abaixo. As possíveis causas para o problema podem ser divididas em várias categorias principais que incluem: mão-de-obra, materiais, métodos, meio ambiente, máquinas e medições. Em cada categoria são colocadas as principais causas possíveis na tentativa de fazer uma análise mais eficiente do problema e adotar as soluções mais apropriadas. O diagrama de causa-efeito (Figura 3.3), é assim usado na manutenção como uma ferramenta importante de auxílio na procura das melhores soluções para o problema (Liliana, 2016).



Figura 3.3 – Diagrama de Causa-Efeito (ACCEPT, 2023).

3.6.2 RCM

A abordagem Reliability-Centered Maintenance (RCM), em português, manutenção centrada na fiabilidade baseia-se na manutenção de equipamentos e sistemas baseada na fiabilidade, de forma a garantir a máxima disponibilidade dos equipamentos e assim minimizar os custos com manutenção. RCM faz uma análise das funções dos equipamentos com o objetivo de identificar os modos de avaria ou falha característicos de cada um e avaliar as consequências da falta de fiabilidade dos equipamentos. A partir desta análise o plano de manutenção para cada equipamento ou sistema é delineado, tanto para manutenção corretiva como para manutenção preventiva, com a definição de critérios para as atividades de manutenção. Desta forma, RCM tem como finalidade aumentar a fiabilidade dos equipamentos e sistemas (Afefy, 2010).

3.7 Indicadores de Manutenção

Os indicadores de manutenção são utilizados para avaliar as atividades de manutenção numa empresa. Entre os mais utilizados e importantes estão a manutenibilidade, a fiabilidade, a disponibilidade e a *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). De seguida, cada um destes indicadores é explicado individualmente em maior detalhe. As avaliações destes indicadores permitem a tomada de decisão informada para a melhoria contínua dos processos de manutenção com o objetivo de melhorar a qualidade e eficiência do processo de produção (De & Megiolaro, 2015).

3.7.1 Manutenibilidade

A manutenibilidade é um indicador da facilidade de execução da manutenção. Refere-se à capacidade de realizar tarefas de manutenção de forma pronta, rápida e eficiente e com o menor custo possível para que o equipamento ou sistema possa voltar ao seu normal funcionamento o mais rápido possível. Para que esse objetivo possa ser atingido, é necessário um planeamento prévio das tarefas de manutenção para que possam ser realizadas o mais rapidamente possível após uma avaria ou falha. O indicador manutenibilidade é importante no planeamento de sistemas e do funcionamento de equipamentos para reduzir os custos de manutenção e o tempo de inatividade (Wuttke & Sellitto, 2008).

A manutenibilidade é quantificada através do valor *Mean Time To Repair* (MTTR), ou seja, o valor médio do tempo técnico de reparação, é calculado através da seguinte fórmula (3.1).

$$MTTR = \frac{\sum_1^n TTR}{n} \quad (3.1)$$

TTR – Tempo Técnico de Reparação

n – Número de avarias/intervenções

3.7.2 Fiabilidade

A fiabilidade de um equipamento ou sistema refere-se à sua capacidade de realizar uma determinada função num certo intervalo de tempo de forma confiável. A fiabilidade de um equipamento ou sistema indica a capacidade deste de realizar uma função de forma competente sem a ocorrência de uma avaria ou falha e depende do cumprimento de vários requisitos de qualidade estabelecidos previamente. Na manutenção, de forma a garantir a fiabilidade de um equipamento estratégias são implementadas para aumentar a disponibilidade e a funcionalidade. As aplicações dos vários tipos de manutenção permitem um aumento da fiabilidade e consequentemente do aumento da eficiência do processo de produção (Wuttke & Sellitto, 2008).

A fiabilidade é medida através do cálculo do *Mean Time Before Failure* (MTBF), ou seja, o valor médio do tempo de bom funcionamento. O MTBF corresponde ao tempo entre duas avarias seguidas (3.2).

$$MTBF = \frac{\sum_1^n TBF}{n} \quad (3.2)$$

TBF – Tempo Bom Funcionamento

n – Número de avarias/intervenções

3.7.3 Disponibilidade

Disponibilidade é considerada como a capacidade de um equipamento ou sistema estar disponível para utilização num determinado período ou dado intervalo de tempo. É medido através do parâmetro *Mean Time Between Failures* (MTBF) ou em português tempo médio entre falhas que indica o tempo médio em que um equipamento se encontra em normal funcionamento antes da ocorrência de uma falha. O indicador disponibilidade, calculado através da equação (3.3) apresentada, é dependente de vários outros fatores como o número de falhas, o tempo necessário para a reparação dessas mesmas falhas, o processo de manutenção e os meios utilizados para a manutenção (Wuttke & Sellitto, 2008).

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (3.3)$$

O aumento do valor de disponibilidade indica uma diminuição no período de inatividade de um equipamento e uma maior eficiência no processo de produção. A manutenção tem assim como objetivo aumentar a disponibilidade para a melhoria do processo produtivo.

3.7.4 OEE

Overall Equipment Effectiveness (OEE), em português, eficiência total do equipamento é um indicador utilizado em empresas para medir três fatores muito importantes: desempenho, disponibilidade e qualidade de um processo ou sistema de produção. Estes três fatores são avaliados ao longo do tempo e quanto maior o valor de OEE mais eficiente está a ser a utilização do equipamento em questão. Com base nos valores obtidos para os equipamentos é possível agir para melhorar a eficiência do processo de produção (Agustiady & Cudney, 2018).

São calculados três índices de forma a obter o valor de OEE, que é expresso em percentagem, como se visualiza nas equações (3.4), (3.5), (3.6) e (3.7).

$$\text{Desempenho} = \frac{\text{Produção estipulada}}{\text{Produção produzida}} \quad (3.4)$$

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo de funcionamento}}{\text{Tempo de produção planeada}} \quad (3.5)$$

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Total de peças produzidas conforme os requisitos}}{\text{Total de peças produzidas}} \quad (3.6)$$

$$\text{OEE} = \text{Qualidade} \times \text{Disponibilidade} \times \text{Desempenho} \quad (3.7)$$

3.8 PFMEA

Process Failure Mode and Effect Analysis (PFMEA), em português, Análise do Modo e Efeito de Falha do Processo é uma ferramenta de melhoria de qualidade do processo de produção baseada na identificação dos modos de falha durante o processo de manutenção do sistema ou equipamentos com o propósito de perceber as causas e consequências das falhas, os principais riscos associados e quais as medidas preventivas e corretivas que podem ser tomadas para repor o normal funcionamento do processo produtivo. O método PFMEA é composto por várias etapas, desde identificar a falha, de seguida os seus efeitos, depois a causa ou as várias causas possíveis e finalmente criar e implementar as medidas preventivas (Banduka et al., 2018).

A ferramenta PFMEA utiliza três índices de risco que ajudam a selecionar quais as medidas prioritárias a tomar para a resolução das falhas:

Ocorrência de causa (O) – probabilidade de uma falha ocorrer devido a uma causa;

Severidade do efeito (S) – impacto que a falha tem no processo de produção;

Deteção da falha (D) – probabilidade de deteção de uma falha antes de causar um impacto negativo no processo de manutenção.

3.9 Aplicação de manutenção na SRAMPORT

Quando uma empresa tem uma boa manutenção, existe maior rendimento, pois há a garantia que os equipamentos estão com o melhor funcionamento e disponibilidade possível. A SRAMPORT, centra-se numa melhoria contínua, não só corrigindo as intervenções, mas na procura soluções para a causa, evitando possíveis futuras falhas.

Para que em qualquer situação de intervenção, os técnicos tenham toda a informação ao seu dispor e consigam agir com a melhor eficácia e conhecimento possível, cada equipamento deve apresentar a sua informação técnica. Deste modo, a fim de obter um menor tempo de reparação através de uma gestão documental ajustada, a SRAMPORT, mediante o conceito TPM, organiza toda a documentação em arquivos físicos e digitais, a partir do número de cada equipamento.

3.9.1 KPIs

Os indicadores chave de desempenho - *Key Performance Indicators* (KPIs) - são, tal como o nome indica, métricas fundamentais para a eficiência operacional da indústria que evidenciam se a empresa está no rumo certo.

Tal como os indicadores de manutenção descritos em cima (MTBF, MTTR, OEE, Disponibilidade) que são exemplos de KPIs, é possível haver outros indicadores que garantem uma melhor eficiência e rentabilidade na fábrica.

Através da definição de cada indicador chave de desempenho, é possível analisar se a empresa garante periodicamente o cumprimento de cada meta estipulada e diagnosticar pontos estratégicos a melhorar.

A implementação de KPIs para o setor da manutenção é fundamental para oferecer uma visão clara do desempenho da manutenção numa dada empresa. Assim, torna-se elementar, implementar ações e recolher dados para uma gestão adequada destes KPIs.

Na SRAMPORT, é apresentado um relatório de manutenção mensal que inclui KPIs, analisados e debatidos com a gerência, com vista a obter melhores resultados organizacionais. O relatório supracitado equipara os resultados de cada KPI com os meses anteriores, numa perspetiva de melhoramento do desempenho, mês após mês.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

Nesta sequência, seguem-se dois exemplos de indicadores, presentes no relatório de manutenção mensal de março de 2023:

- i) tempos de manutenção (Figura 3.4); e
- ii) números de pedidos e ordens nas ferramentas (Figura 3.5).

Como se pode constatar através da Figura 3.4, as atividades de manutenção preventiva dispuseram de 626 horas no mês de março, um valor superior ao tempo de manutenção corretiva que sinalizou as 365 horas mensais. Este resultado destaca a importância do Tempo de Manutenção Preventiva (TMP) face à proporção de Tempo de Manutenção Corretiva (TMC). Por outras palavras, temos que o indicador dos tempos de manutenção revela ênfase na prevenção das falhas na fábrica o que, por sua vez, traduz-se na confirmação da eficiência operacional devido a um menor número de horas gastas para corrigir avarias.

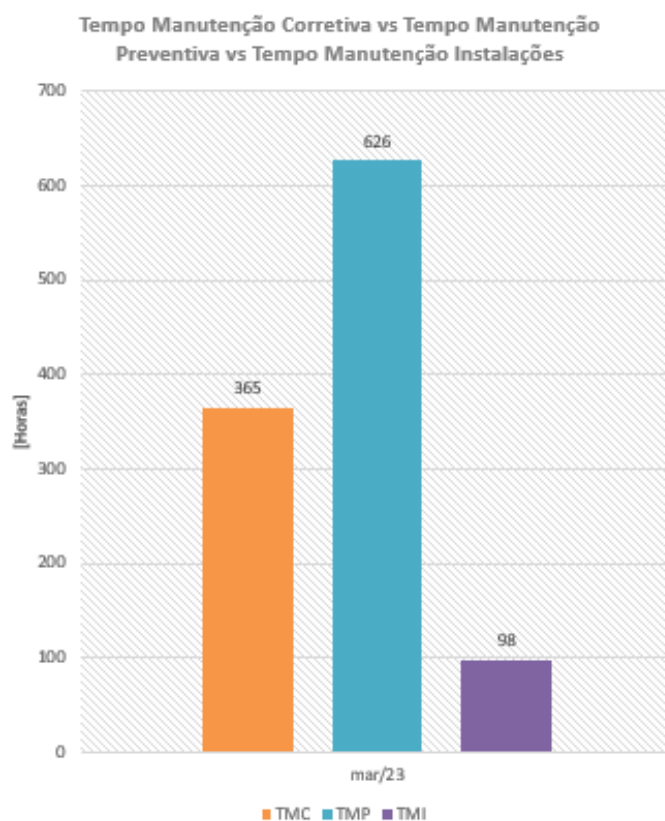


Figura 3.4 - Tempos de manutenção em março 2023.

A fim de avaliar o desempenho do setor da manutenção, a SRAM analisa os resultados dos indicadores tendo em conta os meses anteriores. Através da Figura 3.5, expõe-se a comparação de um dos indicadores presente no relatório mensal de março de 2023. Através deste caso em concreto, compreende-se que o mês de março de 2023 foi o mês onde ocorreram mais pedidos de intervenção no setor das ferramentas da estampagem/prensagem, bem como foi um dos meses que apresentou menos atividades de prevenção.

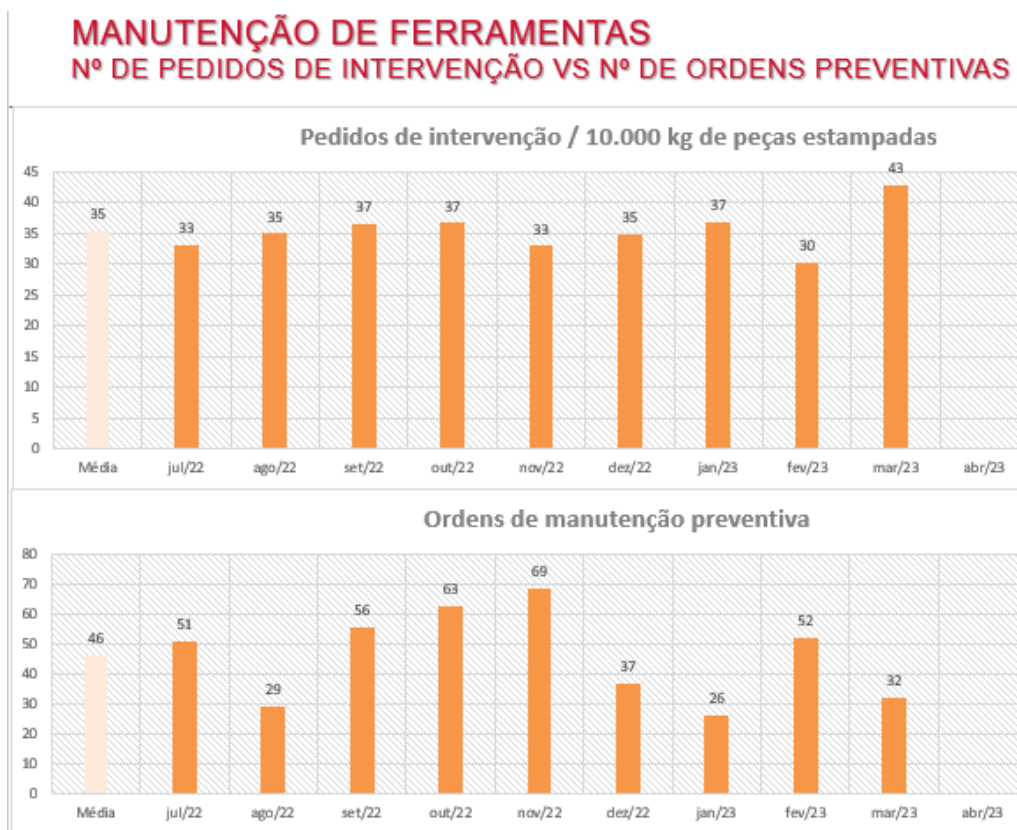


Figura 3.5 - Manutenção das ferramentas e respectivos números de pedidos e ordens.

Em suma, através destes exemplos extraídos do setor de manutenção da SRAMPORT, evidencia-se que o culminar de todos os KPIs contribui para garantir a otimização dos processos e a identificação de potenciais melhorias. Por outro prisma, torna a manutenção competitiva, o que é essencial para o sucesso empresarial.

3.9.2 Gamas de manutenção de nível 1

A gestão da manutenção é crucial para garantir a eficiência e a confiabilidade dos equipamentos. Esta divide-se em níveis com base na complexidade das operações industriais. Contudo, o facto de existirem atividades de nível 1 não significa que sejam insignificantes ou que não tenham relevância, até pelo contrário, as atividades deste nível são essenciais para manter os equipamentos em boas condições operacionais e prevenir assim de qualquer falha que possa emergir.

A manutenção de nível 1 pode atenuar e conseguir assegurar a prevenção de um problema. As gamas de manutenção de nível 1 estão implícitas na SRAMPORT, independentemente do setor ou da unidade de produção da fábrica todos os operadores de cada uma das áreas em que estão inseridos são responsáveis pelo cumprimento destas atividades, que correspondem a tarefas simples no cotidiano fabril.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

Estas tarefas de manutenção aplicam-se nos finais de cada turno. Incluem-se como exemplos a limpeza de resíduos presentes nos equipamentos, a verificação do estado do equipamento ou de possíveis sinais de desgaste/dano, a calibração dos aparelhos que o operador manuseia no dia a dia, a substituição regular de pequenas peças e também a lubrificação das partes móveis do equipamento.

Para ter controlo sobre as boas práticas de manutenção e registo de que os operadores cumprem as tarefas rotineiras para o bom funcionamento dos equipamentos que operam, aperfeiçoou-se e analisou-se cada tarefa da lista/protocolo das gamas de manutenção de nível 1 já existentes.

Abaixo, na Figura 3.6, está listada a gama de manutenção de nível 1 de um dos setores, neste caso, de um dos tambores da bariagem, onde a manutenção praticada é preventiva sistemática, de uma forma programada e também preventiva condicionada onde o operador visualiza e consegue detetar possíveis anomalias.



21.04.2023 Registo Manutenção N1-Semanal MALMEIDA Cópia 2 Página 1

Ordem	995310	Plano manutenção 313
1000039 - Máquina de Baria/AFI		
<i>Data Inicial</i>	<i>17.04.2023</i>	<i>Data Final</i> <i>17.04.2023</i>
<i>Loc. instalação</i>	<i>0341/TRT/BAR</i>	<i>BAR</i>
<i>Equipamento</i>	<i>1000039</i>	<i>Máquina de Bariar</i>
<i>Dossier</i>	<i>620</i>	<i>Localização</i> <i>BAR</i>
<i>Ctr.trab.resp.</i>	<i>AFI</i>	

0010 Nível 1 - Semana 1

0010	-INSPEÇÃO-	
0011	Blindagens de proteção	_____
0012	Cabelagens e botoneiras	_____
0013	Correias de transmissão motor/tambor	_____
0014	Estado de desgaste da cuba do tambor	_____
0015	Interruptor de segurança rotação do tambor	_____
0016	Interruptor de segurança da porta frontal	_____
0017	Desgaste no ralo (possível prisão)	_____
0020	-LUBRIFICAÇÃO-	
0021	Copos das articulações da tampa com massa	_____

0020 Nível 1 - Semana 2

0010	-INSPEÇÃO-	
0011	Blindagens de proteção	_____
0012	Cabelagens e botoneiras	_____
0013	Correias de transmissão motor/tambor	_____
0014	Estado de desgaste da cuba do tambor	_____
0015	Interruptor de segurança rotação do tambor	_____
0016	Interruptor de segurança da porta frontal	_____
0017	Desgaste no ralo (possível prisão)	_____
0020	-LUBRIFICAÇÃO-	
0021	Copos das articulações da tampa com massa	_____

0030 Nível 1 - Semana 3

0010	-INSPEÇÃO-	
0011	Blindagens de proteção	_____
0012	Cabelagens e botoneiras	_____
0013	Correias de transmissão motor/tambor	_____
0014	Estado de desgaste da cuba do tambor	_____
0015	Interruptor de segurança rotação do tambor	_____
0016	Interruptor de segurança da porta frontal	_____
0017	Desgaste no ralo (possível prisão)	_____
0020	-LUBRIFICAÇÃO-	
0021	Copos das articulações da tampa com massa	_____

0040 Nível 1 - Semana 4

0010	-INSPEÇÃO-	
0011	Blindagens de proteção	_____
0012	Cabelagens e botoneiras	_____
0013	Correias de transmissão motor/tambor	_____
0014	Estado de desgaste da cuba do tambor	_____
0015	Interruptor de segurança rotação do tambor	_____
0016	Interruptor de segurança da porta frontal	_____
0017	Desgaste no ralo (possível prisão)	_____
0020	-LUBRIFICAÇÃO-	
0021	Copos das articulações da tampa com massa	_____

S1 _____ S2 _____ S3 _____ S4 _____

Figura 3.6 - Gama de manutenção nível 1.

Posteriormente, após cada tarefa realizada semanalmente, o operador responsável pela manutenção deste nível coloca um visto se estiver tudo dentro dos moldes como esperado. Contudo, se por acaso algo estiver menos bem o operador à frente dessa mesma tarefa deve colocar uma nota com o problema ou lacuna associada.

No final da folha, consoante a semana (S1, S2, S3 ou S4) de manutenção, o operador assina a folha de manutenção como compromisso e responsabilidade de que cumpriu e realizou todas as tarefas descritas.

É deveras importante que todos os operadores tenham consciência da importância da manutenção dos equipamentos que operam. Para uma melhor preparação é fundamental que sejam desenvolvidas formações de manutenção de nível 1, onde cada operador adquira melhores competências para colocar em prática no dia a dia.

A SRAMPORT promove uma cultura de transparência para com os operadores e todos os colaboradores, para que estes se sintam à vontade para expor qualquer problema ou dúvida em prol de uma boa manutenção e eficiência operacional.

3.9.3 Planeamento de Manutenção

O sucesso, a eficiência operacional e a segurança da fábrica só são possíveis se existir um planeamento de manutenção de forma a garantir a confiabilidade e a longevidade dos próprios equipamentos.

Deste modo, a manutenção da fábrica é composta por oito técnicos divididos em dois turnos. Estes técnicos, três eletricitas e cinco mecânicos são responsáveis por responder a todos os pedidos de intervenção presentes no sistema informático de gestão da fábrica, designado por SAP, sejam eles corretivos, de melhorias ou de instalações, dando mais ênfase e foco a anomalias/falhas que coloquem em causa a produtividade da fábrica. A manutenção preventiva não é gerida por pedidos de intervenção, mas sim por ordens de manutenção preventiva.

São os técnicos, que juntamente com o responsável da área de manutenção asseguram o bom funcionamento de toda a fábrica. Estão inseridos em implementações práticas de programas de melhoria contínua, com vista a uma maior eficiência energética, sustentabilidade, produtividade da fábrica e também rentabilidade da empresa. Todavia, é necessário haver uma boa gestão do planeamento da função a desempenhar por cada técnico para assegurar a qualidade, eficiência e otimização de cada intervenção.

Semanalmente são colocadas tarefas/ordens de manutenção específicas para cada técnico, pensadas e delineadas consoante as características de cada um deles, pelo responsável da manutenção. Na Figura 3.7, está presente um quadro com as respetivas ordens de manutenção (pequenos cartões atribuídos a cada técnico).



Figura 3.7 - Quadro de planeamento de ações de manutenção.

Segue-se assim na Figura 3.8, de forma mais perceptível, o respetivo *layout* do quadro de planeamento de manutenção.



Figura 3.8 - *Layout* do quadro de planeamento de manutenção.

Este quadro é essencial para comunicar, organizar e monitorizar as atividades de manutenção da fábrica para com os respetivos técnicos.

Ainda assim, apesar de bastante completo é possível adotar algumas alterações para melhoria do quadro, de forma a torná-lo ainda mais iterativo:

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

- A indicação do estado atual de cada ordem de serviço presente no quadro (em andamento, atrasado, concluído);
- Indicação da prioridade/urgência da tarefa (colocação de cores: vermelho de situação urgente e crítica, amarelo de relativa importância e verde de última prioridade);
- Avaliação semanal do desempenho, como se de uma nota se tratasse, com a finalidade de haver uma competição saudável, em prol do melhor rendimento na manutenção.

3.9.4 Prevenção da Manutenção

Na SRAMPORT, a fábrica trabalha 24h dividida em três turnos de 8h entre todos os operadores. É estritamente necessário assegurar que a manutenção está presente em cada turno e que há segurança no bom funcionamento da produção.

No entanto, como supracitado, existem apenas dois turnos de manutenção. Num dos turnos, o turno da noite (00:00h – 08:00h) os técnicos de manutenção não assumem uma presença assídua. Com o intuito de prevenirem e intervirem em anomalias urgentes que ocorram durante o turno, é realizada uma escala de prevenção para garantir uma resposta eficaz de forma a minimizar a solicitação de qualquer atividade de manutenção.

Na figura abaixo (Figura 3.9), está presente um excerto como exemplo dessa mesma escala de prevenção que engloba os técnicos da manutenção, tanto na componente elétrica como mecânica.

	ELETR	MEC
20/05 (S)	JSILVA	BSANTOS
22/05	JSILVA	BSANTOS
23/05	JSILVA	BSANTOS
24/05	JSILVA	BSANTOS
25/05	JSILVA	BSANTOS
26/05	JSILVA	BSANTOS
27/05 (S)	FMATOS	NBERNARDO
29/05	FMATOS	NBERNARDO
30/05	FMATOS	NBERNARDO
31/05	FMATOS	NBERNARDO
01/06	FMATOS	NBERNARDO
02/06	FMATOS	NBERNARDO
03/06 (S)	PSILVA	BSANTOS
05/06	PSILVA	BSANTOS
06/06	PSILVA	BSANTOS
07/06	PSILVA	BSANTOS
08/06 (F)	-	-
09/06	PSILVA	BSANTOS
10/06 (S F)	-	-
12/06	DSANTOS	CCARVALHO
13/06	DSANTOS	CCARVALHO
14/06	DSANTOS	CCARVALHO
15/06	DSANTOS	CCARVALHO
16/06	DSANTOS	CCARVALHO
17/06 (S)	JSILVA	BSANTOS
19/06	JSILVA	BSANTOS

Figura 3.9 - Excerto da escala de prevenção.

4 INDÚSTRIA 4.0

4.1 Conceito e tecnologias integradas

Conhecida como a quarta fase da evolução industrial, designada quarta revolução industrial é um movimento que começou na Alemanha com o objetivo de quebrar a barreira que separa o mundo digital do mundo físico.

Esta revolução impulsiona a combinação e interação de tecnologias em contexto fabril, melhorando a eficiência operacional para uma maior capacidade de atuação, inovação e comunicação entre as máquinas, pessoas e produtos como demonstra a Figura 4.1. A Indústria 4.0 atingiu níveis tecnológicos muito avançados de automação, o que exigiu uma atualização de formação nas competências dos trabalhadores, tal como proporcionou um avanço significativo no desenvolvimento da indústria a nível global (Junior & Saltorato, 2018).



Figura 4.1 – Conceito da Indústria 4.0 (José et al., 2023).

Empresas mais pequenas e *startups*, também beneficiam desta nova fase da indústria para desenvolverem novos produtos, fruto deste avanço tecnológico que serve como uma nova oportunidade de negócio. A nova revolução industrial, a Indústria 5.0, complementa o conceito da Indústria 4.0 e fortalece a ideia das fábricas inteligentes.

O conceito da Indústria 4.0 está cada vez mais implícito nos setores industriais e o conjunto dessas tecnologias ligadas a esta nova revolução contribui para as designadas fábricas descentralizadas, com uma maior redução na complexidade dos processos de fabrico e também um ambiente industrial mais autónomo e fábricas mais inteligente (Pereira & Romero, 2017).

As tecnologias associadas à Indústria 4.0, definem-se detalhadamente em:

- A Internet das Coisas (*Internet of Things* - IoT)

É a tecnologia que possibilita a interligação dos dispositivos, como por exemplo sensores, câmaras e monitorização remota de máquinas que se conectam através da

mesma internet, permitindo a troca de informação em tempo real com os dispositivos conectados e a base de dados da empresa (Pires et al., n.d.).

A IoT é vista como um pilar nas tecnologias avançadas, sobretudo na análise de dados e na evolução das máquinas.

- *Big Data*

É uma ferramenta que permite armazenar toda a informação que é recolhida dos dispositivos ou sistemas, com o intuito das empresas poderem analisar todos os dados (por exemplo dados de intervenções em equipamentos na manutenção) e tomarem decisões assertivas e precisas, de forma a otimizar todos os processos de produção e antecipar possíveis riscos (IEEE Staff, 2017).

- *Cibersegurança*

Sendo que todos os dispositivos e equipamentos estão cada vez mais interligados (IoT), o risco de ataques informáticos com a corrente troca de informações entre estes sistemas aumenta consideravelmente.

Assim, torna-se estritamente necessário reforçar a segurança a nível computacional na Indústria 4.0 por ser um alvo cada vez mais crítico, o que implica maior robustez nas medidas de segurança informática com vista à proteção de dados importantes de cada empresa (Lezzi et al., 2018).

- *Inteligência Artificial (IA)*

Cada vez um termo mais presente no mundo atual, na indústria não é exceção. Desempenha um papel crucial nos avanços da automação e análise de dados em tempo real, é bastante aplicada à manutenção preditiva para prevenção de falhas e evitar que as máquinas parem. Tem o intuito de tornar os sistemas e equipamentos cada vez mais inteligentes e capazes de eles próprios executarem de forma autónoma as suas tarefas sem qualquer necessidade de intervenção humana.

Os robôs autónomos que colaboram com os operadores e a simulação de projetos de fábrica com vista a prever o seu desempenho antes da implementação real, são desenvolvidos através de IA (Ribeiro et al., 2021).

A inteligência artificial tem um papel fundamental na conversão dos processos industriais atuais em fábricas inteligentes.

A Manutenção 4.0 está cada vez mais incutida na indústria atual. É uma manutenção que se define em preventiva e preditiva. É preditiva quando o equipamento cruza valores registados com os valores de quando ocorrem falhas, para se conseguir automaticamente agir por prevenção antes da ocorrência de nova falha. Muitas das vezes a manutenção preventiva até acaba por não ser precisa, uma vez que se atua logo quando se prevê o problema, o que é uma das vantagens entre tantas outras, como a melhoria da eficiência operacional da fábrica, uma maior disponibilidade de cada equipamento devido à rápida resposta em prever falhas e uma redução assente

no custo. Todas estas vantagens são o que as empresas atualmente procuram, daí a importância da Indústria 4.0 (pereira de faria & Luiz Gonçalves Quelhas, 2022).

Os avanços tecnológicos e a inovação contínua obrigam as empresas a adaptar-se a mudanças rápidas, para que estas tenham o máximo proveito no que toca ao aumento da capacidade de produção e eficiência operacional, mas também, se incluem no contexto empresarial contemporâneo, aprimorando as operações comerciais e a colocação da empresa em evidência quanto à competitividade do mercado global.

4.2 Indústria 4.0 na SRAMPORT

A SRAMPORT faz parte das empresas que adotaram os métodos da Indústria 4.0, já integrando muitas das ferramentas em vários setores da fábrica. Sendo que também a Indústria 5.0 é um método a adotar pela relação das máquinas com os humanos, sem descartar o cliente.

Alguns exemplos práticos presentes na empresa são:

- Sensor vibração da prensa KAISER 2

Faz a recolha de dados da vibração com alta precisão, recorrendo a dois eixos. Armazena no sistema todos os dados para que seja possível analisar a tendência destes valores na prensa.

- Monitorização de parâmetros na prensa Haulick

É possível ver em tempo real a qualquer momento, o desempenho de vários parâmetros desta prensa, designada por Haulick, desde temperatura, posição do cabeçote, a força que está a incutir no momento e a quantidade de golpes por minuto (Figura 4.2).

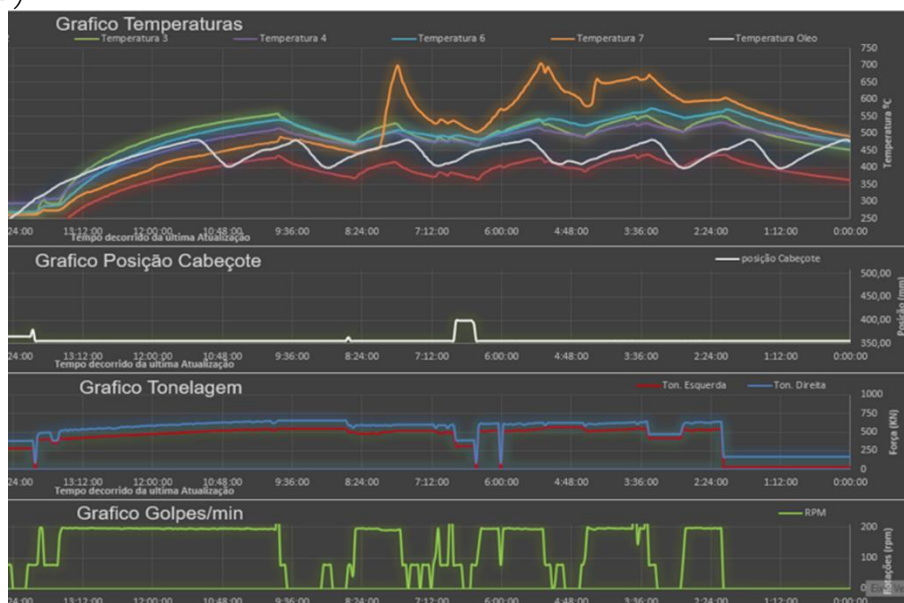


Figura 4.2 – Monitorização em tempo real dos parâmetros da prensa Haulick.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

- Navigo

A partir deste *software* é possível acompanhar os dados e relatórios ao nível da produção de cada unidade de produção. Na Figura 4.3 está um exemplo do *software*. A utilização deste *software* permite não ser estritamente necessário estar presencialmente na fábrica para seguir os valores, basta aceder ao sistema.

Além disso existem gráficos padrão para acompanhar os crescimentos ou decadências de cada setor.

Na montagem de correntes, todos os colaboradores conseguem ter acesso aos metros produzido não só diariamente como em cada intervalo de tempo específicos através de monitores.

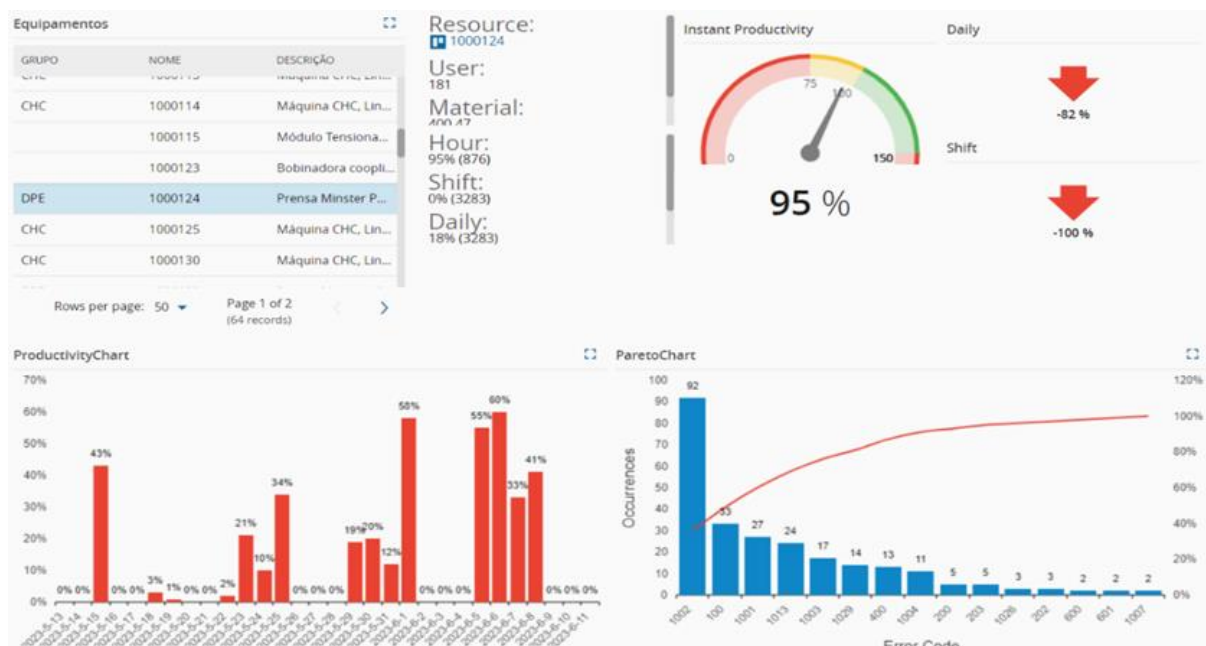


Figura 4.3 – Software Navigo.

- OEEs

A Eficiência Global do Equipamento funciona como indicador de desempenho para os equipamentos da fábrica.

Na SRAMPORT é possível ver o desempenho das prensas à distância com a ajuda deste indicador. A qualidade do produto e a velocidade de produção diária são alguns dos parâmetros que se conseguem observar, como se conclui na Figura 4.4.

Na fábrica, para além das prensas está cada vez mais fortalecido o uso das tecnologias no enquadramento da Indústria 4.0.

Conseguir acompanhar cada equipamento tendo um maior controlo em tempo real das máquinas e dos seus produtos é essencial para uma modernização industrial e uma maior rentabilidade.

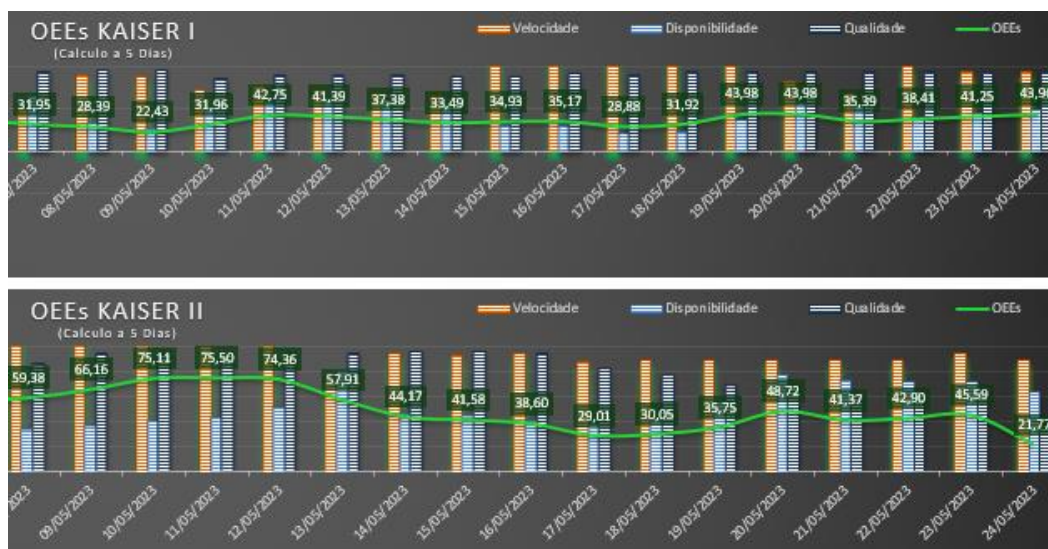


Figura 4.4 – OEEs com os parâmetros da prensa Kaiser 1 e Kaiser 2.

Na Figura 4.5, segue-se os valores da Kaiser 1, para uma análise mais detalhada segundo cada parâmetro.

KAISER I		Calculo OEEs a 5 dias			
Date	OEE	Disponibilidade	Velocidade	Qualidade	
24/05/2023	43,96	48,87	94,35	95,35	
23/05/2023	41,25	45,56	94,64	95,67	
22/05/2023	38,41	39,37	103,37	94,38	
21/05/2023	35,39	54,87	68,53	94,11	
20/05/2023	43,98	56,35	82,41	94,71	
19/05/2023	43,98	37,71	123,15	94,71	
18/05/2023	31,92	23,24	145,35	94,49	
17/05/2023	28,88	20,63	155,54	90,01	
16/05/2023	35,17	30,79	122,49	93,28	
15/05/2023	34,93	31,62	123,50	89,46	
14/05/2023	33,49	55,77	67,38	89,11	
13/05/2023	37,38	60,41	68,67	90,10	
12/05/2023	41,39	63,24	72,64	90,10	
11/05/2023	42,75	58,58	79,67	91,60	
10/05/2023	31,96	50,21	72,47	87,84	
09/05/2023	22,43	26,06	89,19	96,49	
08/05/2023	28,39	32,66	90,44	96,12	
07/05/2023	31,95	66,79	50,66	94,42	
03/05/2023	51,43	56,73	95,66	94,76	
02/05/2023	64,61	19,39	349,56	95,32	

Figura 4.5 - Parâmetros da OEEs da Kaiser 1.

Os dados são recolhidos e armazenados na memória de cada equipamento. No entanto, com a ajuda de um programa da empresa, os dados vão ser transferidos para uma base de dados do servidor.

Cabe depois aos responsáveis da empresa guardar essas informações para serem analisadas pelos departamentos correspondentes ou posteriormente apresentadas em monitores que estão presentes na fábrica.

Realçar que a SRAMPOR'T está constantemente a procurar inovar e a desenvolver ferramentas que não só facilitem o trabalho dos operadores como também o crescimento tecnológico da empresa.

O culminar destas boas práticas faz aumentar ano após ano a visibilidade e o reconhecimento da empresa.

5 FIABILIDADE

5.1 Tratamento de dados estatísticos relativos à fiabilidade dos equipamentos considerados críticos

Na manutenção existem diversos indicadores como já explicitados. É possível perceber quais as falhas mais recorrentes e o tempo que demoram em média a propagarem-se em cada equipamento considerado mais crítico.

Estes indicadores, o MTBF e o MTTR, podem ser calculados a partir de informações que cada ordem de serviço disponibiliza, com o objetivo de haver uma melhor noção do tempo entre essa falha ocorrida e a próxima falha idêntica que surgir. Com a informação adquirida existe uma melhor preparação por parte da manutenção no que diz respeito a responder aos problemas eficazmente nestes equipamentos, designados por equipamentos mais críticos onde ocorre um maior número de intervenções/falhas.

O MTBF é um indicador que demonstra o tempo médio entre as falhas no mesmo equipamento. É o tempo entre falhas a dividir pelo número de vezes em que existem essas interrupções (Figura 5.1), como refere a equação (5.1).

$$\text{MTBF} = \frac{\sum TF}{I} \quad (5.1)$$

$\sum TF$	Tempo entre Falhas	→	É o somatório do tempo que o equipamento trabalha até uma próxima avaria/falha.
I	Quantidade de Interrupções	→	Quantidade de vezes que o equipamento parou e preciso de intervenções.

Figura 5.1 - Designação de cada variável do MTBF.

Quanto maior for o valor de MTBF, maior a fiabilidade do equipamento em análise.

Fez-se uma análise anual a determinados equipamentos mais críticos, entre eles a máquina de montagem das correntes, equipamento designado por CHC da linha 4 da fábrica.

Segue-se na Figura 5.2 as ordens de serviço que foram solicitadas no sistema informático da empresa, para pedidos de intervenção da manutenção na CHC da linha 4 durante o ano de 2022.

CHC Linha 4 - 2022									
Notification	Notif.date	Notif. Time	Created By	Equipment	Description	Breakdown	Breakdown dur.	Unit	Priority
136865	06/01/2022	22:15:50	JCARNIM	1000130	Falhas na alimentação das pl. 400		0,00	H	3
137345	30/01/2022	23:50:25	JCARNIM	1000130	chc não liga	X	0,20	H	
138242	09/03/2022	16:50:37	JCARNIM	1000130	Falhas na alimentação das placas 500		0,00	H	3
138271	10/03/2022	20:33:53	JCARNIM	1000130	Não detecta a falta de placa	X	0,00	H	3
139157	18/04/2022	17:11:08	JCARNIM	1000130	servo do modulo 60 c/ demasiada rejeição		0,00	H	
139696	10/05/2022	13:51:16	JCARNIM	1000130	Zona de descarga partida - cuba 500		0,00	H	
139713	10/05/2022	20:21:09	JCARNIM	1000130	ventilador das placas 500 a desligar		0,00	H	3
140328	03/06/2022	15:05:50	JCARNIM	1000130	celula da falta de placa m 60		0,00	H	4
141795	03/08/2022	14:00:58	JCARNIM	1000130	máquina não liga	X	0,00	H	2
142915	07/10/2022	01:53:55	JCARNIM	1000130	senal de presença de placas falha	X	0,00	H	2
142974	10/10/2022	16:38:42	JCARNIM	1000130	Cuba das 500		0,00	H	1
143153	14/10/2022	15:46:59	JCARNIM	1000130	celula de passagem de placa	X	1,48	H	2
143341	21/10/2022	08:04:14	JCARNIM	1000130	Doseador das placas 400 danificado		0,00	H	

Figura 5.2- Pedidos de intervenção na CHC da linha 4 e reagrupamento por cores das falhas.

De modo a organizar as ordens de serviço pelo tipo de falha da CHC da linha 4, executou-se como indicado na Tabela 8, um reagrupamento por cores, sendo que cada grupo de cor representa as intervenções de manutenção que se repetiram no mesmo equipamento que falhou, da respetiva CHC em 2022. Seguidamente, já com o reagrupamento das ordens de serviço, procedeu-se ao cálculo do MTBF para cada uma das cores (falhas), como se analisa na Figura 5.3.

Na célula de cada cor, está o número de falhas/interrupções dessa zona específica do equipamento.

MTBF		2		
	1ª falha	06/01/2022		
	2ª falha	21/10/2022		
	Tempo entre falhas	Dias	289	
		Horas	6936	
		MTBF	3468	h
MTBF		2		
	1ª falha	30/01/2022		
	2ª falha	03/08/2022		
	Tempo entre falhas	Dias	186	
		Horas	4464	
		MTBF	2232	h
MTBF		4		
	1ª falha	09/03/2022		
	2ª falha	10/05/2022		
	3ª falha	10/05/2022		
	4ª falha	10/10/2022		
	Tempo entre falhas	Dias	217	
		Horas	5208	
		MTBF	1302	h
MTBF		4		
	1ª falha	10/03/2022		
	2ª falha	07/10/2022		
	3ª falha	14/10/2022		
	4ª falha	10/11/2022		
	Tempo entre falhas	Dias	248	
		Horas	5952	
		MTBF	1488	h
MTBF		2		
	1ª falha	18/04/2022		
	2ª falha	03/06/2022		
	Tempo entre falhas	Dias	47	
		Horas	1128	
		MTBF	564	h

Figura 5.3 - Cálculo do MTBF de cada tipo de falha da CHC da Linha 4.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

Analisando os resultados após a aplicação do MTBF, pode concluir-se que na CHC da linha 4 a falha com a cor laranja, correspondente a problemas na alimentação de placas do tipo 400 (placas exteriores) é a falha com maior valor de MTBF, ou seja, a que possui uma melhor fiabilidade.

Por outras palavras, quando ocorre uma falha ou problema neste equipamento de alimentação das placas, demora em média 3468 horas para se desencadear uma nova anomalia.

Este procedimento foi aplicado também a outros equipamentos críticos, onde a metodologia utilizada foi exatamente a mesma, sendo a única ferramenta proposta para calcular este indicador de fiabilidade.

No entanto, uma vez que os técnicos de manutenção raramente registam o tempo de reparação de qualquer falha ou pedido de intervenção, não se consegue concluir qual o MTTR de qualquer equipamento. Para uma melhor análise destes dados estatísticos, uma proposta de melhoria seria o registo frequente deste tempo médio de reparação após finalizar cada ordem de serviço em execução por parte dos técnicos de manutenção.

6 GESTÃO DO STOCK DE ROLAMENTOS

A forma como está organizado cada setor da fábrica tem influência no rendimento global da empresa.

Uma boa organização e gestão dos materiais contribui para uma maior capacidade de resposta, qualquer que seja o problema a intervir/corrigir.

Existe um número elevado de diferentes tipos de rolamentos. No que diz respeito à manutenção preventiva de variados equipamentos, muitas das vezes está incluído a troca dos próprios rolamentos, ora por já ter algum desgaste ou alguma deformação do material. Assim, diariamente são usados/solicitados diversos rolamentos para a manutenção da fábrica.

Para assegurar que não existe falta de cada tipo de rolamento usual no stock, que poderá vir a colocar em causa a produtividade e eficiência da fábrica, elaborou-se uma listagem de rolamentos que funciona como se de uma base de dados se tratasse, algo mais acessível mas com relativa importância para uma melhor gestão e controlo do material.

Os técnicos de manutenção ou até mesmo algum afinador/operador da fábrica, quando requisitado qualquer rolamento procedem da forma mais simples possível, como indicado abaixo:

1. Abrir o ficheiro no computador, designado por “Rolamentos” e ver a listagem dos rolamentos. Segue-se um excerto na Figura 6.1.

ROLAMENTO	BLINDAGEM	QUANTIDADE
2202	2RS	2
2205	2RS	8
3204	BD	13
3205	ATN	2
5097	NATB	6
6001	2RS	6
6002	2RS	6
6003	2RS	4
6004	2RS	9
6004	Z	2
6005	2RS	6
6006	2RS	10
6007	2RS	3
6008	2RS	4
6009	ZZ	2
6010	2RS	5
6012	2RS	2
6202	2RS	11
6203	ZZ	7
6204	2RS	5
6205	2RS	10

Figura 6.1 - Excerto da lista de rolamentos.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

2. Usar a célula junto do botão “Procurar” para inserir o rolamento necessário e visualizar a quantidade ou existência do mesmo. Neste caso, como exemplo foi pesquisado o rolamento 6004 Z (Figura 6.2).



Figura 6.2 – Célula do ficheiro para pesquisar os rolamentos.

3. Após retirar do armário o rolamento solicitado (6004 Z) dar baixa no ficheiro do respetivo rolamento, subtraindo na quantidade já existente em stock para que o stock esteja correto e garantido (Figura 6.3).

ROLAMENTO	BLINDAGEM	QUANTIDADE
6004	2RS	9
6004	Z	2

Figura 6.3 - Pesquisa para remoção do rolamento.

4. Antes de fechar, guardar o ficheiro para salvar as alterações.

De modo a ter maior controlo no stock deste material, como se pode ver na Figura 6.1, ao ser retirado um rolamento do tipo 6004 Z dos dois existentes em stock, a célula automaticamente dá um “alerta” e passa a ter cor vermelha, como se visualiza na Figura 6.4.

ROLAMENTO	BLINDAGEM	QUANTIDADE
2202	2RS	2
2205	2RS	8
3204	BD	13
3205	ATN	2
5097	NATB	6
6001	2RS	6
6002	2RS	6
6003	2RS	4
6004	2RS	9
6004	Z	1
6005	2RS	6
6006	2RS	10
6007	2RS	3
6008	2RS	4

Figura 6.4 - Excerto com alerta de risco do stock mínimo do rolamento.

Este método de segurança está implícito a todos os rolamentos. Quando apenas na presença de uma unidade, a célula fica realçada para quando o responsável da manutenção visualizar diariamente o ficheiro, registrar os rolamentos com o stock em baixo e proceder à encomenda dos mesmos junto dos fornecedores.

Este ficheiro resulta numa ferramenta de gestão na manutenção e organização dos rolamentos, a fim de tentar evitar a inexistência de qualquer tipo de rolamento em stock que coloque em causa a manutenção de um equipamento e por sua vez a produção da fábrica.

7 PRENSAS

7.1 Caracterização

Como abordado anteriormente, a estampagem é onde se inicia todo o processo de fabrico das correntes. É aqui que a partir de rolos de fitas de aço se formam placas, um dos componentes das correntes, como demonstra a Figura 7.1.



Figura 7.1 – Estampagem das placas.

Contudo, este processo só é possível devido à utilização de prensas de grande porte, cruciais para se conseguir produzir em grande escala, assegurando o bom funcionamento da fábrica.

Neste momento a SRAMPORT tem dez prensas ao seu dispor, cada uma com a sua funcionalidade, embora grande parte com características semelhantes.

Salientar que as prensas mais recentes, como o caso das prensas KAISER, possuem por norma melhores características, assim como o tipo de ferramenta usado na prensa causa impacto numa melhor produção (Figura 7.2).



Figura 7.2 – Módulo de ferramentas na prensa.

Estas prensas têm uma força de pressão nominal de 2000 kN, e conseguem chegar aos 850 golpes por minuto na sua máxima carga, porém depende do tamanho do curso (distância que perfaz de uma extremidade à outra). O número de golpes por minuto da prensa está proporcionalmente relacionado com o tamanho do curso durante o seu trajeto. Quanto menor for o curso, maior poderá ser o número de golpes por minuto.

Exemplificando, se o curso for de 25 mm a prensa poderá chegar aos 800 golpes por minuto mas se o curso apresentado for de 50 mm, a prensa chega em média aos 300 golpes por minuto.

Na SRAMPORT a velocidade usada nestas prensas é de 300 golpes/minuto.

7.2 Lubrificação

A manutenção é fundamental para prevenir e corrigir os equipamentos, para assegurar o bom funcionamento da fábrica. Todavia, nas prensas é essencial que estas para além de uma boa manutenção em geral possuam uma boa lubrificação.

A lubrificação nas prensas desempenha um papel essencial na preservação da sua integridade e numa melhor eficiência. Para além de aumentar o tempo de vida útil das peças e componentes da prensa, reduz o desgaste (atrito) existente entre as partes móveis do equipamento prevenindo e assegurando um melhor funcionamento, com menos propensão a desencadear problemas operacionais (Liu & Zhu, n.d.).

Assim, segue-se na Figura 7.3, a listagem do tipo de lubrificante correspondente a cada uma das prensas existentes na fábrica.

Nº EQUIPAMENTO	MARCA	MODELO	ANO FABRICO	ÓLEO	TIPO ÓLEO	CÓD. INTERNO	CÓD. LABORATÓRIO
1 000 006	COLOMBO AGOSTINI	V.207.100	1978	SHELL TONNA S2 M 68	LUBR/HIDR	18.2701.010.016	01557538/LSA01
1 000 033	COLOMBO AGOSTINI	V.207.100	1981	SHELL TONNA S2 M 68	LUBR/HIDR	18.2701.010.016	01557540/LSA01
1 000 092	MINSTER	PM3-125 Ton	1996	SHELL OMALA S2 G 220	LUBR/HIDR	18.2701.000.004	01557541/LSA01
1 000 124	MINSTER	PM2-125 Ton	1975	SHELL OMALA S2 G 150	LUBR/HIDR	18.2701.010.009	01557542/LSA01
1 000 132	MINSTER	P2H-100 Ton	1998	SHELL TONNA S2 M 68	LUBR/HIDR	18.2701.010.016	01557543/LSA01
1 000 382	HAULICK ROOS	RVD-200	1994	SHELL TELLUS S2 M 46 - TB	HIDR	18.2701.000.007	01557544/LSA02
				RENOLIN UNISYN CLP 68	LUBR	18.2701.000.008	01557544/LSA01
1 003 028	ANDRITZ KAISER 1	KSTU-2000	2017	SHELL TELLUS S2 M 46 - TB	HIDR	18.2701.000.007	01557545/LSA02
				SHELL OMALA S2 G 150	LUBR	18.2701.010.009	01557545/LSA01
1 003 278	ANDRITZ KAISER 2	KSTU-2000	2019	SHELL TELLUS S2 M 46 - TB	HIDR	18.2701.000.007	11692012/PFP01
				SHELL OMALA S2 G 150	LUBR	18.2701.010.009	11692012/ING01
1 003 441	MINSTER	PM3-270 Ton	1996	SHELL OMALA S2 G 220	LUBR/HIDR	18.2701.000.004	11874505/UNK01
1 004 255	ANDRITZ KAISER 3	KSTU-2000	2022	SHELL TELLUS S2 M 46 - TB	HIDR	18.2701.000.007	
				SHELL OMALA S2 G 150	LUBR	18.2701.010.009	
1 004 256	ANDRITZ KAISER 4	KSTU-2000	2022	SHELL TELLUS S2 M 46 - TB	HIDR	18.2701.000.007	
				SHELL OMALA S2 G 150	LUBR	18.2701.010.009	

Figura 7.3 - Lubrificante aplicado a cada prensa.

Estes óleos são geridos pelos técnicos da manutenção e operadores, que têm como ordem de manutenção preventiva a lubrificação de cada prensa.

7.3 Ensaio de calibração das prensas

Com o intuito de ter a melhor rentabilidade das prensas é necessário garantir que estas estão programadas com valores fiáveis, não só para o conhecimento do operador mas para obter a melhor performance do equipamento e de todas as componentes fabricadas. Para tal, recorreu-se ao uso das células de carga para realizar o ensaio de calibração da prensa.

As células de carga são dispositivos de medição com uma grande sensibilidade, preparados para converter uma força aplicada em um sinal elétrico proporcional. Desempenham uma função importante na indústria, pois apresentam uma grande precisão nos processos de medição de forças.

Apresenta-se na Figura 7.4, o registo dos valores de um dos ensaios nas prensas, este realizado na KAISER 3.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

KAISER 3 - 1004255				
Altura [mm]	Prensa [kN]		Célula [kN]	
	Entrada (esquerda)	Saída (direita)	CH1 (esquerda)	CH2 (direita)
406,60	18	15	15	15
406,00	273	251	65	59
405,00	Entra em sobrecarga.		Entra em sobrecarga.	
405,50	560	503	138	129
405,30	720	651	177	165
405,20	802	730	219	202
405,10	873	796	184	168

Figura 7.4- Primeiro ensaio de calibração.

Como se pode aferir da tabela em cima é nítida a diferença de valores da célula para a prensa, consoante se varia a altura do cabeçote. Por exemplo, para uma altura de 405,10 mm obteve-se no lado esquerdo da célula uma medição de força de 184 kN, enquanto para essa mesma altura a prensa registou uma força de 873 kN.

Esta discrepância tão grande de valores não é normal, trata-se de um problema de medição, neste caso das próprias células de carga.

Corrigido esse problema repetiu-se o ensaio, apresentando-se na Figura 7.5 o valor real e correto nas células de carga.

Altura [mm]	Prensa		Célula de carga		Diferença	
	Esquerda [kN]	Direita [kN]	Esquerda [kN]	Direita [kN]	Esquerda [kN]	Direita [kN]
406,50	103	77	127	92	24	15
406,00	314	259	402	332	88	73
405,50	634	556	743	659	109	103
405,30	785	701	878	788	93	87
405,25	830	730	940	866	110	136
405,20	Overload	Overload	-	-	-	-
405,00	Overload	Overload	-	-	-	-

Figura 7.5 - Ensaio de calibração correto.

A partir desta tabela é possível concluir quais as diferenças de medições de valores de força, dados pela célula de carga e pela própria prensa, à medida que se varia a altura do cabeçote da prensa.

O *Overload* é referente à sobrecarga da prensa. Para alturas inferiores a 405,20 mm, a prensa vai entrar em sobrecarga ao ultrapassar o seu valor limite, que corresponde a 900 kN.

Para se entender melhor e ter outra noção dos valores medidos, assim como dos seus desvios, segue abaixo o gráfico deste mesmo ensaio, para o sensor do lado direito (Figura 7.6) e do lado esquerdo (Figura 7.7), tanto da prensa como da célula de carga.

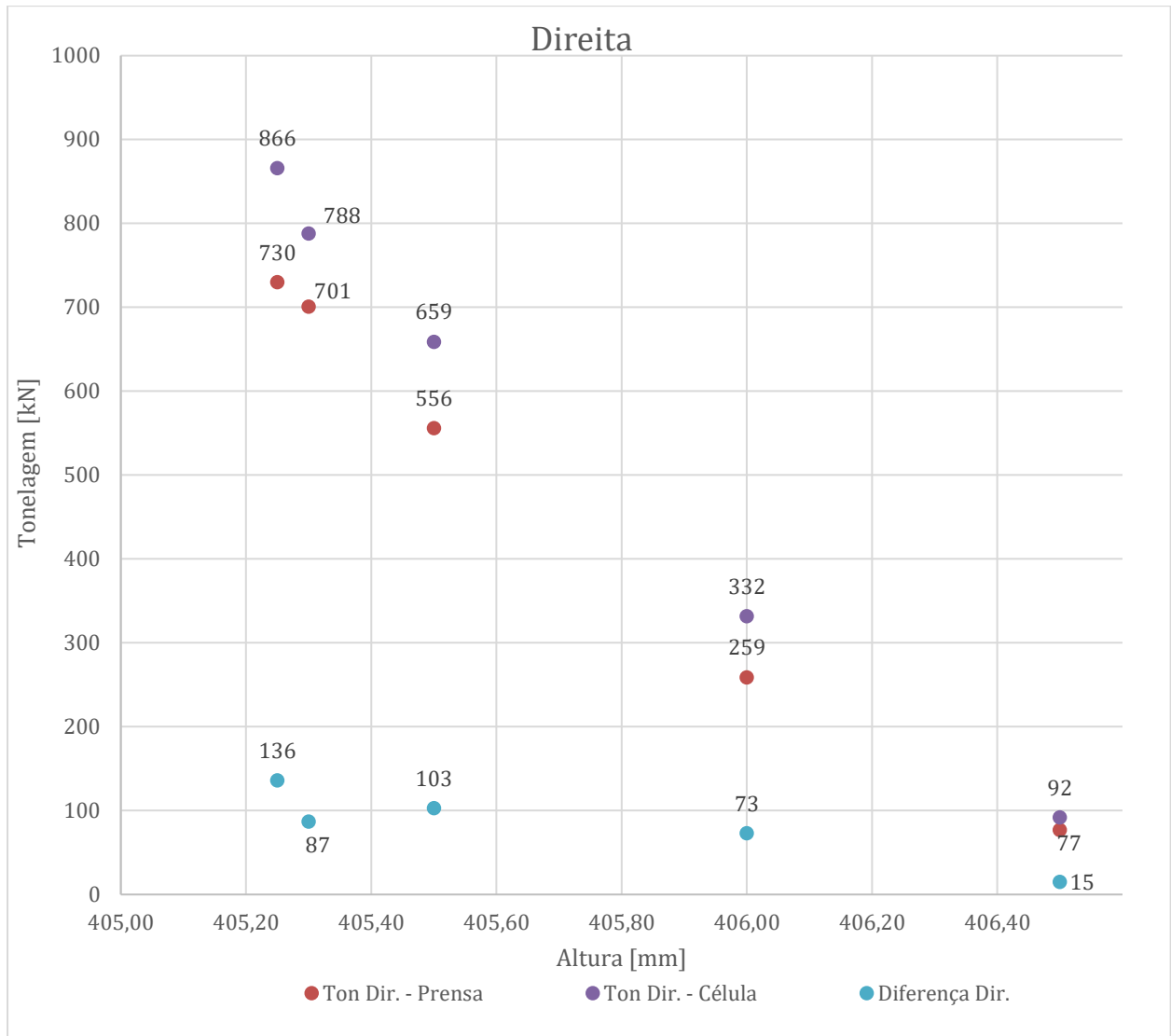


Figura 7.6 - Valores medidos da prensa e da célula de carga no lado direito.

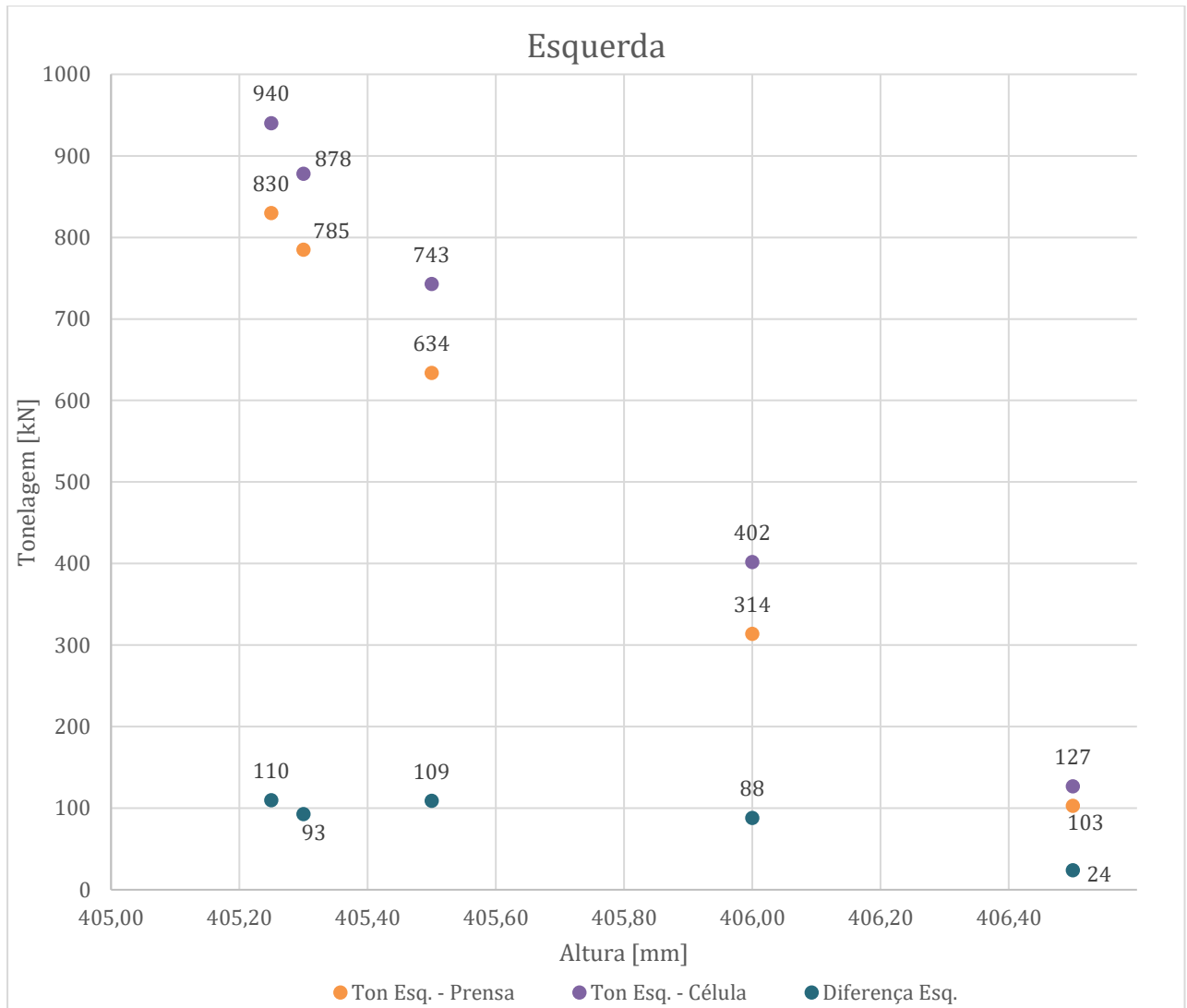


Figura 7.7 - Valores medidos da prensa e da célula de carga no lado esquerdo.

A tonelagem diz respeito aos valores de força aplicada pela prensa durante o seu movimento, consoante a variação da altura do cabeçote da prensa.

O fundamento das células de carga é verificar se existem desvios. Os valores medidos nas prensas devem ser idênticos aos registados nas células de carga. Caso não sejam, significa que as prensas estão a mostrar informação errada e necessitam de ser calibradas. Neste tipo de situação é necessário contactar os próprios fornecedores da prensa correspondente.

Uma má calibração não é benéfica para o processo produtivo, sendo parte essencial da manutenção assegurar que todos os equipamentos funcionam na sua plenitude de forma correta, como expectável. Se as prensas produzem com alguns desvios os componentes, afetará a restante cadeia produtiva, pois estão todos interligados para que se consiga o melhor produto possível, a corrente.

8 MOTORES E BOMBAS DE EQUIPAMENTOS CRÍTICOS

As grandes indústrias possuem motores de alta qualidade e bombas das mais sofisticadas possíveis, com mecanismos de redução de consumo energético e ao mesmo tempo com uma elevada eficiência.

Estes desempenham um papel crucial na eficiência operacional, com funcionalidades para além das propriedades mecânicas que os constituem. São os responsáveis por diversos fatores na produção fabril como a velocidade de produção, a otimização dos processos industriais e dão a garantia de que todo o consumo de energia é convertido em trabalho útil, em prol da eficiência energética e operacional da indústria.

Os motores e as bombas são imprescindíveis para o funcionamento consistente de uma fábrica. Qualquer falha destes componentes pode colocar em causa a eficiência operacional. Assim, de forma a garantir a continuidade da produção é essencial que tenham a melhor manutenção preventiva possível, com o intuito de identificar e prevenir qualquer possibilidade de falha.

Neste contexto fabril, qualquer tempo de inatividade de motores ou bombas, pode causar prejuízos avultados para a empresa.

Quanto melhor a qualidade do equipamento e da manutenção aplicada, maior será a produtividade e o rendimento da fábrica, minimizando a hipótese de qualquer inconveniente do equipamento. As bombas e os motores têm cada vez mais um impacto na estratégia da indústria moderna.

8.1 Base de dados dos equipamentos críticos

A SRAMPORT faz parte destas mesmas indústrias modernas. Todo o processo de manutenção nos motores ou bombas tem elevada importância para assegurar não só o melhor funcionamento possível da fábrica, como garantir o melhor rendimento e maior tempo de vida útil do equipamento, pois o custo de manutenção corretiva é sempre superior ao da manutenção preventiva.

Todavia, apesar de todos os cuidados de manutenção preventiva, existem sempre motores e bombas que avariaram e ficam suscetíveis a serem substituídos em definitivo por equipamentos idênticos com as mesmas características, ou de forma provisória durante o período de reparação da avaria.

Como medida cautelosa criou-se uma “base de dados”, onde está implícita toda a informação presente na chapa característica dos motores ou bombas da fábrica, considerados como os mais críticos. Entre os mais críticos estão aqueles que frequentemente implicam um maior número de intervenções por parte do setor da manutenção, devido ao seu uso mais contínuo e pelo facto de serem fundamentais

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

nos processos de fabrico, onde se porventura ocorrer uma anomalia a produtividade e o desempenho da fábrica serão comprometidos.

A informação presente nesta base de dados permite assim uma intervenção mais célere na identificação do motor/bomba que necessite de reparação ou substituição, para minimizar o tempo em que o equipamento não se encontra em funcionamento, de modo a otimizar todo este processo no menor espaço de tempo reduzindo as perdas de rendimento.

Por vezes, as chapas características dos próprios motores apresentam um estado avançado de desgaste que impossibilita a visualização dos dados relativos a cada tipo de motor (Figura 8.1). Esta base de dados vem facultar prontamente a informação detalhada de cada motor/bomba considerados críticos.



Figura 8.1 – Chapa característica com desgaste.

Abaixo, na Figura 8.2 e Figura 8.3, apresenta-se um excerto dessa mesma base de dados com todas as informações correspondentes a cada motor, referente ao setor dos tratamentos térmicos, nomeadamente, os fornos.

Marca	Modelo	Nº série	Ano Fabrico	Equipamento/Função	Tipo de valvulina	Frequência	Tensão
SEW-EURODRIVE	R47 DRN90S4	55.8192445101.0002.22.20	2022	Fornos Delta (elétricos novos) - retorta	SEW GearOil Base 220 E1/0,70 l	50 Hz	230/400 Δ/Y
BERNATI	CL 332-4 55	-	-	Fornos Delta (elétricos novos) - basculação	-	50 Hz	230/400 Δ/Y
RMN Motors	TYPE RCL632-4	19 011 160 025	2019	Fornos Delta (elétricos novos) - basculação	-	50 Hz	230/400 Δ/Y
SEW-EURODRIVE	R27 DRN80MK4	55.7998810401.0001.21.40	-	Fornos Delta (gás) - rotação retorta	CLP 220 Oleo miner /0,50 l	50 Hz	230/380 Δ/Y
SEW-EURODRIVE	R27 DR571M4	55.7532825001.0001.17.40	2017	Fornos Delta (antigos a gás)	CLP 220 Oleo miner /0,50 l	50 Hz	220/380 Δ/Y
WEG	-	1036530396	2017	Fornos Delta (gás) - ventilador/queimador	-	50 Hz	220/380 Δ/Y
SEW-EURODRIVE	SA87/T R57 DRN63M4/BE03	55.6655643901.0001.22.20	2022	FCH elétrico, 1004323 - basculação	CLP 680 MinerOil/7,40/1,80 l	50 Hz	230/400 Δ/Y
SEW-EURODRIVE	R47 DRN90S4	55.8181564801.0001.22.20	2022	FCH elétrico, 1004323 - retorta	SEW GearOil Base 220 E1/0,70 l	50 Hz	230/400 Δ/Y
SEW-EURODRIVE	SA47 DRE80M4	55.1829666201.0004.12.40	-	FCH elétricos e gás - basculação	CLP 680 Oleo miner /0,80 l	50 Hz	220/380 Δ/Y
SEW-EURODRIVE	R37 DR571M4	55.7543146401.0001.18.40	2018	FCH elétricos e gás - retorta	CLP 220 Oleo miner /0,95 l	50 Hz	220/380 Δ/Y
SEW-EURODRIVE	R77 R37 DRN80MK4	55.8156680702.0001.22.40	2022	Banca de arrefecimento - 1004319	SEW GearOil Base 220 E1/3,0/0,35 l	50 Hz	230/400 Δ/Y

Figura 8.2 - Excerto de dados relativos a cada motor dos fornos.

Marca	Modelo	Nº série	Corrente	Binário	Índice Proteção	Peso	Potência	Rotações
SEW-EURODRIVE	R47 DRN90S4	55.8192445101.0002.22.20	4,45/2,55 A	193 Nm	IP55	33,477 kg	1,1 kW	1455 rpm
BERNATI	CL 332-4 55	-	1,10/0,63 A	-	IP55	-	0,16 kW	1365 rpm
RMN Motors	TYPE RCL632-4	19 011 160 025	1,10/0,63 A	-	-	-	0,18 kW	1365 rpm
SEW-EURODRIVE	R27 DRN80MK4	55.7998810401.0001.21.40	2,25/1,29 A	95 Nm	IP55	14,972 kg	0,55 kW	1435 rpm
SEW-EURODRIVE	R27 DR571M4	55.7532825001.0001.17.40	2,80/1,62 A	101 Nm	IP55	13,257 kg	0,55 kW	1360 rpm
WEG	-	1036530396	4,09/2,37 A	-	IP55	-	1,1 kW	2810 rpm
SEW-EURODRIVE	SA87/T R57 DRN63M4/BE03	55.6655643901.0001.22.20	0,99/0,56 A	1570 Nm	IP55	120,00 kg	0,18 kW	1375 rpm
SEW-EURODRIVE	R47 DRN90S4	55.8181564801.0001.22.20	4,45/2,55 A	1455 Nm	IP55	33,477 kg	1,1 kW	1455 rpm
SEW-EURODRIVE	SA47 DRE80M4	55.1829666201.0004.12.40	3,05/1,75 A	70 Nm	IP55	23 kg	0,75 kW	1435 rpm
SEW-EURODRIVE	R37 DR571M4	55.7543146401.0001.18.40	2,80/1,62 A	111 Nm	IP55	18,343 kg	0,55 kW	1360 rpm
SEW-EURODRIVE	R77 R37 DRN80MK4	55.8156680702.0001.22.40	2,25/1,29 A	795 Nm	IP55	54,144 kg	0,55 kW	1435 rpm

Figura 8.3 - Excerto dos restantes parâmetros associados a cada motor.

Com esta base de dados, um técnico da manutenção ou qualquer responsável consegue aceder para consultar especificamente qual o motor/bomba que pretende e quais as características que o definem, para além dos dados apresentados em cada chapa característica. Está também detalhadamente inserido na tabela outros dados que tenham sido possíveis aferir de cada equipamento crítico, como por exemplo a função e localização exata desse mesmo motor/bomba.

De modo a reter a máxima informação, a base de dados possui uma “ligação” em que o utilizador ao clicar vai deparar-se com imagens de cada motor/bomba desse setor em análise, para uma melhor compreensão e visualização à distância do equipamento crítico em causa (Figura 8.4).

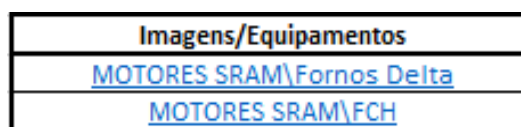


Figura 8.4 - Acesso ao utilizador das imagens de cada motor detalhado.

Segue-se assim a exemplificação de um motor/bomba do excerto da tabela supracitada, dos fornos, que se divide em FCH e fornos Delta, como se vê na Figura 8.5.

Neste caso, a Figura 8.5 e Figura 8.6 acima apresentadas, correspondem ao motor de um forno Delta elétrico que tem a função de fazer girar a retorta do forno. O forno Delta elétrico é o primeiro motor detalhado na Figura 8.2 e Figura 8.3.

Cada equipamento está numerado com um número atribuído pela SRAM, importante para a distinção, identificação e organização da fábrica, uma vez que existem equipamentos com motores/bombas idênticos. Assim, cada equipamento desta base de dados vem acompanhado da respetiva numeração que se refere/destina aos motores em manutenção (Figura 8.7).



Figura 8.7 – Número de equipamento atribuído pela SRAM.

Posto isto, consegue-se reter toda a informação pormenorizada de cada equipamento crítico da fábrica.

É fundamental, os operadores de cada setor procederem semanalmente a uma limpeza dos motores/bombas para evitar a degradação dos mesmos, prevenindo o tempo de vida útil de cada um da melhor forma.

O facto de haver motores/bombas com uma acessibilidade bastante reduzida e algumas chapas características mal posicionadas, dificulta a consulta e intervenção caso sejam sujeitos a algum tipo de manutenção, o que necessita de ser melhorado para ter todas as “ferramentas” ao dispor e em caso de avaria minimizar ao máximo o tempo de paragem do equipamento.

9 MÉTODO PARA A MONITORIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA AOS TAMBORES DAS LINHAS DE NIQUELAGEM

A niquelagem é um processo que confere esteticamente um maior brilho aos componentes constituintes da corrente (Baudrand, 2007), o que induz o cliente à compra devido à tonalidade apresentada pela corrente que a diferencia das restantes.

Na SRAMPORT existem duas linhas de niquelagem idênticas, apenas variam no número de tambores de niquelagem. É nestes tambores onde são depositadas as peças/componentes das correntes, após todo o tratamento térmico. Assim que as peças estão no interior dos tambores de niquelagem, é programado o tempo em que cada tambor (que tem pequenos orifícios para a entrada do níquel) vai estar mergulhado nos tanques de niquelagem, sendo que estes tambores estão continuamente em rotação para que as peças estejam em constante movimento de modo a adquirirem as características que o níquel fornece e para que não corram o risco de se “queimarem” devido à corrente elétrica a que estão sujeitos, o que levaria ao prejuízo desse lote na totalidade. A Figura 9.1, demonstra estes tambores numa linha de niquelagem.



Figura 9.1 – Tambores na linha de niquelagem.

Assim como todos os equipamentos e máquinas presentes na fábrica, estes tambores de niquelagem também precisam de ter uma boa manutenção. São equipamentos bastante ativos. Devido ao seu uso contínuo e sendo que cada linha de niquelagem só tem ao seu dispor um tambor como substituto, é fundamental que exista a melhor

monitorização e planeamento possível para não comprometer o bom funcionamento da linha de niquelagem com a falha/falta de algum dos tambores, quando aplicado qualquer tipo de manutenção (corretiva ou preventiva) aos tambores.

Posto isto, elaborou-se um método de registo e monitorização da manutenção preventiva aos tambores das linhas de niquelagem.

O planeamento da manutenção foi dividido em dois casos distintos. O primeiro deles, na ausência de qualquer avaria, a manutenção preventiva é feita e adequada conforme estipulado inicialmente. No segundo caso, quando ocorre uma avaria em um dos meses num dos tambores que não estava estipulado para manutenção preventiva.

O objetivo é tentar manter ao máximo, sem grandes desvios, o ciclo de manutenção preventiva que está proposto pela própria empresa. Com uma periodicidade de cinco em cinco meses, ou seja, pelo menos duas vezes ao ano, cada tambor sofre a sua manutenção preventiva.

Na Figura 9.2, está indicado o planeamento de manutenção preventiva ideal, numa situação em que não exista qualquer avaria nos tambores considerando a sequência numérica dos tambores (de 1 a 11). Corresponde ao que é representado na linha 1, que é constituída por dez tambores de niquelagem mais o substituto, sendo que em cada mês dois tambores estão sujeitos a manutenção preventiva.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Tambor 11	ENT					SAI ENT						SAI
Tambor 1	SAI ENT					SAI	ENT					
Tambor 2	SAI	ENT					SAI ENT					
Tambor 3		SAI ENT					SAI		ENT			
Tambor 4		SAI	ENT						SAI ENT			
Tambor 5			SAI ENT						SAI	ENT		
Tambor 6			SAI	ENT						SAI ENT		
Tambor 7				SAI ENT						SAI	ENT	
Tambor 8				SAI	ENT						SAI ENT	
Tambor 9					SAI ENT						SAI	ENT
Tambor 10					SAI	ENT						SAI ENT

Figura 9.2 - Planeamento da manutenção preventiva dos tambores de niquelagem sem avarias.

O “ENT” significa que o tambor entrou na linha de niquelagem, enquanto o “SAI”, indica que o respetivo tambor saiu da linha de niquelagem para manutenção.

No mês de agosto não há manutenção em nenhum dos tambores, devido a ser o mês de pausa na empresa.

O tambor 11 é o tambor que está como substituto (fora da linha de niquelagem) e que irá substituir o tambor 1 ou 2, o primeiro a sofrer algum tipo de manutenção.

O tempo estimado de manutenção preventiva de cada tambor é de um ou dois dias.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

A manutenção mensal dos dois tambores nunca pode ocorrer em simultâneo devido a existir apenas um substituto. Assim, terá de haver um desfasamento temporal até um dos tambores voltar da sua manutenção, para se proceder à troca.

Quando um tambor substitui algum outro tambor, vai ficar a ocupar esse mesmo lugar em definitivo, e assim ciclicamente.

Uma das causas das manutenções corretivas é a paragem da rotação dos tambores enquanto estão em serviço na linha de niquelagem, o que tem um elevado prejuízo visto que toda a carga neles contida, de peças, fica danificada e já não tem qualquer proveito.

Na Figura 9.3 é possível constatar a periodicidade com que os tambores sofrem manutenção. No caso apresentado, o número de manutenções é o esperado quando não ocorre nenhuma avaria.

	MANUTENÇÕES POR ANO	INTERVALO ENTRE MANUTENÇÕES
Tambor 11	2	5 meses
Tambor 1	2	5 meses
Tambor 2	2	5 meses
Tambor 3	2	5 meses
Tambor 4	2	5 meses
Tambor 5	2	5 meses
Tambor 6	2	5 meses
Tambor 7	2	5 meses
Tambor 8	2	5 meses
Tambor 9	2	5 meses
Tambor 10	2	5 meses

Figura 9.3 - Periodicidade da manutenção de cada tambor sem avarias.

O principal problema que conduz à alteração do ciclo de manutenção, acontece quando ocorre uma avaria no mês em que não é esse o tambor indicado para sofrer manutenção preventiva.

Quando a avaria ocorre num mês em que não está planeada a manutenção do tambor o ciclo altera, como se pode conferir na Figura 9.4, em que o tambor 5 teve uma avaria no mês de janeiro.

Tambor	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Tambor 11	ENT				SAI	ENT						SAI ENT
Tambor 1	SAI ENT					SAI ENT						SAI
Tambor 2	SAI ENT					SAI	ENT					
Tambor 3		SAI ENT					SAI ENT					
Tambor 4		SAI	ENT				SAI		ENT			
Tambor 5	SAI	ENT							SAI ENT			
Tambor 6			SAI ENT						SAI	ENT		
Tambor 7			SAI	ENT						SAI ENT		
Tambor 8				SAI ENT						SAI	ENT	
Tambor 9				SAI	ENT						SAI ENT	
Tambor 10					SAI ENT						SAI	ENT

Figura 9.4 - Planeamento da manutenção preventiva da niquelagem com avaria no tambor 5.

Desta forma, a periodicidade do ciclo de manutenção dos tambores vai variar, uma vez que ocorreu a avaria no tambor 5, como é possível constatar na Figura 9.5.

	MANUTENÇÕES POR ANO	INTERVALO ENTRE MANUTENÇÕES
Tambor 11	2	4/5 meses
Tambor 1	3	5 meses
Tambor 2	2	5 meses
Tambor 3	2	5/6 meses
Tambor 4	2	4/5 meses
Tambor 5	2	6/4 meses
Tambor 6	2	5 meses
Tambor 7	2	5 meses
Tambor 8	2	5 meses
Tambor 9	2	5 meses
Tambor 10	2	5 meses

Figura 9.5 - Periodicidade da manutenção com avaria no tambor 5.

Apesar do ciclo ter mudado devido à avaria do tambor 5, os intervalos de tempo entre as duas manutenções exigidas anualmente estão dentro do valor recomendado, por não existir uma grande discrepância dos mesmos.

Como se pode ver na Figura 9.4, o tambor 5 após a avaria já não fará a sua manutenção preventiva no mês de março para não acumular trabalho e custos adicionais sem ser necessário, assim, como estipulado inicialmente na ausência de avarias, alterando o primeiro intervalo de manutenção do tambor para seis meses e de quatro meses para a segunda manutenção preventiva.

Contudo, nem sempre é possível ajustar a avaria de um tambor ao ciclo inicialmente proposto e definido. O exemplo que se segue, da Figura 9.6, prova isso mesmo. É uma avaria do tambor 9 no mês de janeiro.

Tambor	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Tambor 11	ENT				SAI	ENT						SAI ENT
Tambor 1	SAI ENT					SAI ENT						SAI
Tambor 2	SAI ENT					SAI	ENT					
Tambor 3		SAI ENT					SAI ENT					
Tambor 4		SAI	ENT				SAI		ENT			
Tambor 5			SAI ENT						SAI ENT			
Tambor 6			SAI	ENT					SAI	ENT		
Tambor 7				SAI ENT						SAI ENT		
Tambor 8				SAI	ENT				SAI	ENT		
Tambor 9	SAI	ENT									SAI ENT	
Tambor 10					SAI ENT						SAI	ENT

Figura 9.6 - Planeamento da manutenção preventiva da niquelagem com avaria no tambor 9.

Os intervalos de manutenção, nomeadamente no tambor que avariou e provocou a alteração do ciclo, apresentam alguma discrepância na periodicidade, o que não é de todo aceitável. Na Figura 9.7 estão descritos todos estes intervalos em cada tambor.

	MANUTENÇÕES POR ANO	INTERVALO ENTRE MANUTENÇÕES
Tambor 11	2	4/5 meses
Tambor 1	3	5 meses
Tambor 2	2	5 meses
Tambor 3	2	5/6 meses
Tambor 4	2	4/5 meses
Tambor 5	2	5/6 meses
Tambor 6	2	4/5 meses
Tambor 7	2	5/6 meses
Tambor 8	2	4/5 meses
Tambor 9	2	8/2 meses
Tambor 10	2	5 meses

Figura 9.7 - Periodicidade da manutenção com avaria no tambor 9.

Pode concluir-se a partir do exemplo acima referido e como demonstram a Figura 9.6 e a Figura 9.7, que a diferença de meses entre as duas manutenções é bastante significativa após a avaria do tambor 9. O intervalo de tempo de oito meses na primeira manutenção e de dois meses na segunda manutenção pode prejudicar permanentemente o tambor, logo não se pode prosseguir com o ciclo em cima referido.

Estabeleceu-se que qualquer ciclo que inclua um intervalo de manutenção acima de sete meses, deve retornar ao ciclo inicial estipulado como modelo a seguir quando consideramos que não existem avarias (Figura 9.2). Neste caso, o tambor 9 apesar de ter saído da linha de niquelagem devido à avaria em janeiro, após a sua manutenção corretiva irá proceder na mesma, no mês de maio à sua manutenção preventiva (mês estipulado).

9.1 Sugestões de melhorias a adotar como medida preventiva

De modo a que cada tambor da niquelagem se apresente nas melhores condições e possua o máximo rendimento, assim como a melhor fiabilidade possível, existem algumas hipóteses de melhoria e garantia no bom funcionamento e redução dos pedidos de intervenção por manutenção corretiva:

- Aplicação de um sensor temporizador

Se cada tambor possuir um sensor temporizador que meça o tempo de trabalho útil individualmente, é possível analisar anualmente os resultados. O ideal será no final de cada ano haver uma equidade no tempo de horas de serviço dos tambores.

- Maior rotatividade

Atualmente, dois tambores por mês estão sujeitos a manutenção. Ao aumentar para três tambores por mês, iria implicar maior trabalho no setor da manutenção mas ao

mesmo tempo com uma boa gestão, garante uma maior fiabilidade dos tambores e do próprio processo da linha de niquelagem, para evitar reduzir qualquer problema dos tambores quando estão em trabalho útil.

- Maior quantidade de tambores

O elevado custo dos equipamentos é sempre um problema para qualquer empresa, mas quando este equipamento é rentável a médio/longo prazo é uma solução a ponderar.

Se em vez de um tambor, existissem dois tambores suplentes por cada linha de niquelagem, ter-se-ia maior flexibilidade e maior manobra de contornar futuros problemas/avarias.

- Sinal de alarme sonoro

Sempre que um tambor parasse a sua rotação por alguns segundos, fora do tempo que é normal, um alarme sonoro seria ativado para que o operador atue instantaneamente com o intuito de minimizar o prejuízo desse lote de peças que o tambor contém.

Visto esta ser uma das principais avarias dos tambores e causa de desperdício das cargas, esta seria uma solução para reduzir estes problemas.

10 ANÁLISE DA MISTURA DE PEÇAS NAS SECADORAS

Todo o processo de fabrico, seja ele mais ou menos simples, necessita de uma avaliação por parte do setor da qualidade. Se porventura houver erros, misturas de peças, impurezas ou contaminações, o departamento da qualidade não pode aprovar o produto.

Depois da visualização do problema, importa entender de onde e como se originou, ou seja, apurar as causas e corrigir o que não está bem, para detetar a origem do erro e procurar soluções fiáveis.

As peças/componentes que formam as correntes passam por muitos processos de fabrico, como já supracitado inicialmente. No entanto, as peças após saírem das secadoras (Figura 10.1), processo que se sucede à bariagem, apresentam componentes misturadas nos lotes. Sendo que cada lote de peças deve apenas conter um tipo de placas interiores, de placas exteriores, rolos ou eixos.



Figura 10.1 – Secadora das peças.

Assim, estar-se-ia perante a designada mistura de peças, sendo necessário proceder da maneira correta. Passa por identificar possíveis causas das misturas, conhecer pontos críticos de cada secadora, analisar o comportamento das secadora para cada tipo de material e, por último, solucionar de forma a tentar minimizar/evitar estas misturas no presente e no futuro.

Foi criado um protocolo aplicado desde que as componentes saem da bariagem até ao final da secagem, com o objetivo de tirar conclusões após cada ensaio realizado, cumprindo rigorosamente todos os pontos do protocolo como se pode visualizar na Figura 10.2.

SRAM		MISTURA DE PEÇAS NAS SECADORAS		
Nº Secadora	Nº Lote	Código de Peças	Data	Chefe de Turno
Check List				Check
1. O carro não tem peças (está limpo)				<input type="checkbox"/>
2. Tremonha não tem peças (está limpa)				<input type="checkbox"/>
3. Funil não tem peças (está limpo)				<input type="checkbox"/>
4. Vibrador não tem peças (está limpo)				<input type="checkbox"/>
5. Retirar sorbolux (filtragem íman)				<input type="checkbox"/>
6. Verificar limpeza do aspirador				<input type="checkbox"/>
7. Secadora não tem peças (está limpa)				<input type="checkbox"/>
8. Voltar a colocar sorbolux (filtragem rede)				<input type="checkbox"/>
9. Descarga tambor no carro				<input type="checkbox"/>
10. Carregar tremonha				<input type="checkbox"/>
11. Secagem				<input type="checkbox"/>
12. Contentor não tem peças (está limpo)				<input type="checkbox"/>
13. Evacuação				<input type="checkbox"/>
14. Colocar íman no local onde entram as peças				<input type="checkbox"/>
15. Voltar a colocar íman uma 2ª vez				<input type="checkbox"/>
16. Retirar sorbolux (filtragem íman)				<input type="checkbox"/>
17. Verificar limpeza do aspirador				<input type="checkbox"/>
18. Secadora não tem peças (está limpa)				<input type="checkbox"/>
19. Voltar a colocar sorbolux (filtragem rede)				<input type="checkbox"/>

Marco Almeida
 João Silva

Figura 10.2 - Protocolo estabelecido para encontrar as causas das misturas de peças.

Como se pode constatar, o protocolo descrito possui dezanove pontos, onde é estritamente importante que se proceda pela ordem indicada, a fim de concluir-se cada ensaio com a certeza de que foi cumprido e no caso de algum ponto possuir inconvenientes anotar, para posteriormente proceder à conclusão de todos os ensaios realizados.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

De modo a contextualizar os pontos presentes no protocolo, segue-se uma explicação enumerada de cada passo a seguir e a cumprir.

Como foi referido, durante o processo de tratamento térmico as componentes deslocam-se da bariagem para a secadora. Esta deslocação faz-se através do designado “carro” (Figura 10.3). É importante garantir que este está limpo de qualquer outra componente para que toda a mistura de peças que possa ocorrer seja devido apenas e só ao processo da secagem, nas próprias secadoras.



Figura 10.3 – “Carro” utilizado para transportar as peças para as secadoras.

A tremonha, o funil e o vibrador correspondem ao conjunto inicial da secadora, onde vão ser depositadas as peças que provêm do “carro”. É aqui que todo o processo da secagem tem início, por isso é essencial inspecionar estas zonas antes de qualquer colocação de peças e verificar se está tudo conforme antes do início do processo, como demonstram a Figura 10.4 e a Figura 10.5.



Figura 10.4 – Tremonha limpa.



Figura 10.5 – Vibrador limpo.

O sorbolux, como se pode ver na Figura 10.6, é o granulado absorvente usado pela fábrica em todas as secadoras em prol da secagem das peças e na garantia de que estas não se danifiquem/queimem com as temperaturas impostas pelas resistências das secadoras. É por norma renovado após cada cinco utilizações, isto é, cinco secagens.



Figura 10.6 – Sorbolux na secadora.

Após verificar-se que o carro, a tremonha, o funil e o vibrador estão limpos, prossegue-se com a aspiração do sorbolux. Esta remoção do sorbolux da secadora é realizada por um aspirador com elevada potência, que possui na sua extremidade, à saída, acoplado um íman com elevado campo magnético para tentar garantir com a máxima eficácia que qualquer peça que esteja misturada no sorbolux vai ficar retida no íman após a aspiração. Na Figura 10.7 ilustra-se esse mesmo íman.



Figura 10.7 – Íman do aspirador.

Seguidamente, ainda com o sorbolux no aspirador, inspeciona-se toda a secadora, que nesta fase não tem qualquer peça ou absorvente, ou seja, trabalha em vazio, com o intuito de verificar se porventura há alguma peça presa proveniente de lotes anteriores (secagens já efetuadas) em qualquer fenda da secadora ou junto à zona de evacuação das peças.

Realizados estes pontos, volta a colocar-se todo o sorbolux, já filtrado, dentro da secadora e dá-se autorização ao operador para que todo o processo de secagem das peças/componentes possa ser inicializado.

Enquanto as peças são secas é colocado na zona de evacuação, um contentor com a identificação a partir de um cartão Kanban (Figura 10.8), que possui as informações do lote e tipo de peça em causa, presentes na secadora. É essencial certificar que o contentor não tem nenhuma peça de outros lotes presa nas suas ranhuras, para não haver contaminação dos componentes.



Figura 10.8 – Cartão Kanban.

Posteriormente e já finalizada a secagem, as peças por meio de vibração são evacuadas passando numa rede à saída. Esta rede funciona como peneiro, que faz o granulado do sorbolux cair e ficar retido dentro da secadora, à medida que as peças caem para dentro do contentor, como demonstra a Figura 10.9.



Figura 10.9 – Evacuação das peças presentes pós-secagem.

Partindo do princípio que todas as peças devem ou deveriam ter sido evacuadas, verifica-se a veracidade com a colocação por duas vezes de um pequeno íman, para atrair as peças que possam estar contidas na secadora misturadas com o sorbolux. Este íman vai percorrer todo o trajeto que as peças percorrem durante a sua secagem, como se vê na Figura 10.10.



Figura 10.10 – Colocação do pequeno íman.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

Numa fase final do processo de secagem e do protocolo a seguir, volta-se novamente a remover todo o sorbolux da secadora por aspiração, para ter a maior precisão e garantia possível de que se existir ainda alguma peça que esteja envolvida no sorbolux após chegar a esta fase, irá ficar retida no íman do aspirador. Tal ponto está ilustrado na Figura 10.11.



Figura 10.11 – Aspiração do sorbolux na fase final do protocolo.

Procedem-se aos ensaios, seguindo o modelo do protocolo como já referido e descrito. Segue-se na Figura 10.12 um desses protocolos aplicados a uma das secadoras, onde se poderá ver que é crucial tomar notas e seguir toda a check list tal como enumerada.

SRAM		MISTURA DE PEÇAS NAS SECADORAS		
Nº Secadora	Nº Lote	Código de Peças	Data	Chefe de Turno
1004234	613720	44021	08/03/2023	Rui Gus

Check List	Check
1. O carro não tem peças (está limpo)	<input checked="" type="checkbox"/>
2. Tremonha não tem peças (está limpa)	<input checked="" type="checkbox"/>
3. Funil não tem peças (está limpo)	<input checked="" type="checkbox"/>
4. Vibrador não tem peças (está limpo)	<input checked="" type="checkbox"/>
5. Retirar sorbolux (filtragem íman)	<input checked="" type="checkbox"/>
6. Verificar limpeza do aspirador	<input checked="" type="checkbox"/>
7. Secadora não tem peças (está limpa)	<input checked="" type="checkbox"/>
8. Voltar a colocar sorbolux (filtragem rede)	<input checked="" type="checkbox"/>
9. Descarga tambor no carro	<input checked="" type="checkbox"/>
10. Carregar tremonha	<input checked="" type="checkbox"/>
11. Secagem	<input checked="" type="checkbox"/>
12. Contentor não tem peças (está limpo)	<input checked="" type="checkbox"/>
13. Evacuação	<input checked="" type="checkbox"/>
14. Colocar íman no local onde entram as peças	<input checked="" type="checkbox"/>
15. Voltar a colocar íman uma 2ª vez	<input checked="" type="checkbox"/>
16. Retirar sorbolux (filtragem íman)	<input checked="" type="checkbox"/>
17. Verificar limpeza do aspirador	<input checked="" type="checkbox"/>
18. Secadora não tem peças (está limpa)	<input checked="" type="checkbox"/>
19. Voltar a colocar sorbolux (filtragem rede)	<input checked="" type="checkbox"/>

Marco Almeida
 João Silva

Notas: → 1 placa presa junto à portinhola (mesma ferida)
 → 5 placas no centro da secadora! Com o passar do tempo iam caindo
 e misturando-se uma a uma no sorbolux! GRAVE
 → 1 placa no íman (aspirador)

Figura 10.12 – Protocolo efetuado após ensaio da secadora com as respetivas observações.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

Atualmente existem dez secadoras na SRAMPORT. É importante fazer não só vários ensaios em cada uma das dez secadoras, como também variar o tipo de componente. Estipulou-se assim, a necessidade de serem realizados 50 ensaios, 5 em cada secadora, 3 ensaios de placas, sejam elas interiores ou exteriores, 1 ensaio de rolos e 1 ensaio de eixos, de modo a haver uma amostra abrangente de resultados para poder comparar, tirar ilações, mas também verificar se o tipo de componente a secar tem algum impacto.

Finalizados todos os ensaios, registaram-se todas as informações acerca do tipo de peça em análise como estipulado. Dos 50 ensaios previstos, apenas foi possível realizar 40 devido ao material/componente não ser compatível ou adequado para com a secadora.

Na Figura 10.13 está a respetiva informação dos ensaios realizados e qual o tipo de peça em estudo em cada secadora.

			PLACAS 1	PLACAS 2	PLACAS 3	EIXOS	ROLOS
1	1000048	Secadora TTD	-	-	-	PEÇA: 703 13 LOTE: 613 776	PEÇA: 815 26 LOTE: 613 771
2	1000087	Secadora Velha Terminados	PEÇA: 400 79 LOTE: 613 592	PEÇA: 400 85 LOTE: 613 696	PEÇA: 400 81 LOTE: 613 708	PEÇA: 703 12 LOTE: 613 728	-
3	1000089	Secadora EBS Linha 1	PEÇA: 500 19 LOTE: 613 768	PEÇA: 400 31 LOTE: 613 839	PEÇA: 400 47 LOTE: 613 925	-	PEÇA: 815 27 LOTE: 613 754
4	1000140	Secadora EBS Linha 2	PEÇA: 400 31 LOTE: 613 825	PEÇA: 400 47 LOTE: 613 918	PEÇA: 440 17 LOTE: 613 883	PEÇA: 700 18 LOTE: 613 094	PEÇA: 815 17 LOTE: 613 729
5	1000293	Secadora POL 1	PEÇA: 500 37 LOTE: 613 712	PEÇA: 500 37 LOTE: 613 731	PEÇA: 500 35 LOTE: 613 759	-	-
6	1000321	Secadora Velha 1ª BAR	PEÇA: 500 37 LOTE: 613 695	PEÇA: 500 39 LOTE: 613 709	PEÇA: 500 46 LOTE: 613 722	PEÇA: 703 12 LOTE: 613 686	PEÇA: 815 27 LOTE: 613 689
7	1003611	Secadora Turca 1ª BAR	PEÇA: 500 39 LOTE: 613 673	PEÇA: 500 37 LOTE: 613 697	PEÇA: 500 46 LOTE: 613 705	PEÇA: 703 13 LOTE: 615 682	PEÇA: 815 28 LOTE: 613 732
8	1004234	Secadora Nova Terminados	PEÇA: 400 101 LOTE: 613 598	PEÇA: 400 101 LOTE: 613 699	PEÇA: 440 21 LOTE: 613 720	PEÇA: 703 11 LOTE: 613 568	-
9	1004315	Secadora POL 2	PEÇA: 500 37 LOTE: 613 745	PEÇA: 400 79 LOTE: 613 835	PEÇA: 500 35 LOTE: 613 874	-	-
10	1004350	Secadora EBS Linha 3	PEÇA: 440 23 LOTE: 613 634	PEÇA: 500 46 LOTE: 613 719	PEÇA: 400 31 LOTE: 613 832	PEÇA: 703 10 LOTE: 613 733	PEÇA: 815 24 LOTE: 613 800

Figura 10.13 - Ensaios realizados em cada secadora consoante o tipo de peça.

Concluídos os ensaios, fez-se uma análise a todos os ensaios desenvolvidos. De seguida, recolheu-se a informação das quarenta folhas totais, segundo o protocolo estipulado.

Salientar que o facto de se terem realizado 40 ensaios, não significa que vá haver proporcionalmente 40 falhas. Houve ensaios em que não ocorreu qualquer anomalia, assim como houve alguns ensaios com mais de uma falha. Segue-se na Figura 10.14 a análise do número de falhas e quais os pontos do protocolo onde foram identificadas.

Check List	Nº de Falhas	% Falhas	Secadoras envolvidas
1. O carro não tem peças (está limpo)	0	0%	–
2. Tremonha não tem peças (está limpa)	0	0%	–
3. Funil não tem peças (está limpo)	0	0%	–
4. Vibrador não tem peças (está limpo)	6	19%	1,2,3,5
5. Retirar sorbolux (filtragem íman)	2	6%	3,1
6. Verificar limpeza do aspirador	0	0%	–
7. Secadora não tem peças (está limpa)	3	9%	5,8
8. Voltar a colocar sorbolux (filtragem rede)	1	3%	–
9. Descarga tambor no carro	0	0%	–
10. Carregar tremonha	0	0%	–
11. Secagem	0	0%	–
12. Contentor não tem peças (está limpo)	2	6%	3,6
13. Evacuação	2	6%	2,1
14. Colocar íman no local onde entram as peças	3	9%	1,2,7,9
15. Voltar a colocar íman uma 2ª vez	0	0%	–
16. Retirar sorbolux (filtragem íman)	8	25%	3,4,7,8,9
17. Verificar limpeza do aspirador	0	0%	–
18. Secadora não tem peças (está limpa)	5	16%	2,4,9,10
19. Voltar a colocar sorbolux (filtragem rede)	0	0%	–
TOTAL	32	100%	

Figura 10.14 - Análise pós-ensaios das falhas nos respetivos pontos do protocolo.

Para se ter uma melhor noção dos pontos “críticos” da check list, onde incidem maiores causas de falhas e de misturas de peças nas secadoras, tal como entender quais as secadoras que apresentam ao longo dos ensaios mais irregularidades. Elaborou-se o gráfico que se constata na Figura 10.15 e a Figura 10.16, para entender a diversidade e a variedade de falhas por cada secadora.

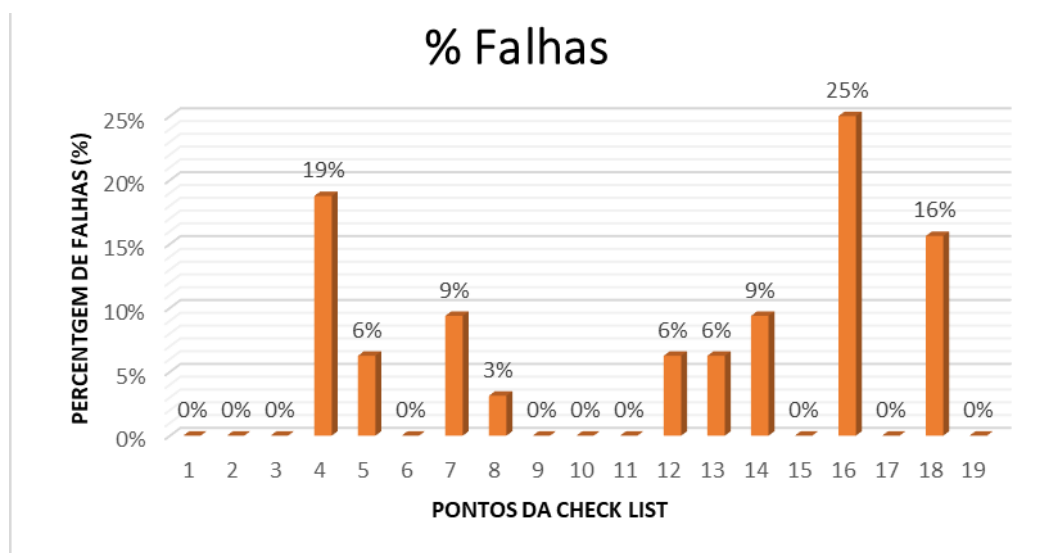


Figura 10.15 - Diversidade e variedade de falhas em cada ponto da check list.

Tarefas de Manutenção na SRAMPORT

Secadora		Pontos da check list em falha	Total
1	1000048	4, 14	2
2	1000087	4, 13, 14, 18	4
3	1000089	4, 5, 12, 16	4
4	1000140	16, 18	2
5	1000293	4, 7	2
6	1000321	12	1
7	1003611	14, 16	2
8	1004234	7, 8, 16	2
9	1004315	14, 16	2
10	1004350	5, 13, 18	3

Figura 10.16 - Falhas por cada secadora.

Com base na Figura 10.15, pode afirmar-se que o ponto 16 do protocolo é onde se identifica 25% de problemas de misturas de peças, dos 40 ensaios realizados. Este ponto, corresponde à importância de após evacuadas todas as peças proceder-se à aspiração de todo o sorbolux, fazendo a filtração pelo íman do aspirador.

As secadoras designadas pela numeração 2 e 3, apresentam maior número de falhas segundo a Figura 10.16. Contudo, isso não significa que tenham surgido todas no mesmo ensaio. Assim, torna-se relevante ter toda a informação pormenorizada de cada ensaio realizado e respetivas falhas, como se pode ver na Figura 10.17.

		Ensaio e respetivos pontos da check list em falha				
Secadora		Placas 1	Placas 2	Placas 3	Eixos	Rolos
1	1000048				4	4,14
2	1000087	4		18	13	
3	1000089	4,16	12	5		4
4	1000140			18	16,18	
5	1000293	7		4		
6	1000321				12	
7	1003611		16	14,16		
8	1004234	7,8,16		7,16		
9	1004315		14,16,18	16		
10	1004350	5		18	13	

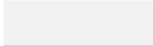


-  → Sem ensaio neste material, não compatível com a secadora
-  → Ensaio realizado, mas com falhas nos pontos da check list
-  → Ensaio realizado com sucesso, sem qualquer falha

Figura 10.17 - Falhas identificadas em cada ensaio realizado.

Consegue entender-se a partir da Figura 10.17, que o número de ensaios em que ocorreram falhas é superior ao número de ensaios onde não houve qualquer anomalia consoante o seguimento do protocolo, como conclui a Figura 10.18.

Ensaios com falhas (23/40)	58%
----------------------------	-----

Figura 10.18 – Percentagem de ensaios com falhas.

Pode afirmar-se que 58% dos ensaios apresentam sempre qualquer erro, ou seja, mais de metade dos ensaios nas secadoras é alvo de mistura de peças. Isto leva à não aprovação dos lotes por parte do setor da qualidade e é bastante prejudicial nas linhas de montagem, pois faz com que apareçam componentes em cada alimentador pré-definido com um determinado tipo de peça que não corresponde ao esperado.

Para uma análise rigorosa, dividiram-se as falhas numa pré-evacuação e uma pós-evacuação das peças, tal como representado na Figura 10.19. É possível analisar que o ponto crítico (ponto 16 do protocolo) correspondente a 25% tem um grande impacto na identificação destas falhas e também destacar as quantidades de anomalias presentes no pós-evacuação, ou seja, já após as peças saírem da secadora para o contentor, consegue-se identificar 50% do registo de falhas nestes 40 ensaios realizados.

	Quantidade de falhas	% falhas
Antes da evacuação (ponto 1 a 13)	16	50%
Após evacuação (ponto 14 a 19)	16	50%

Figura 10.19 - Divisão das falhas em pré e pós-evacuação.

De modo a comparar e concluir se o tipo de componente/peça que é inserido nas secadoras tem algum impacto nestas falhas, com a ajuda da Figura 10.13 e da Figura 10.17, é possível fazer uma análise das falhas por tipo de peça, como demonstra a Figura 10.20. Pode deduzir-se que apesar das placas 400 (placas exteriores) e placas 440 (power locks - placa que fecha as correntes) apresentarem maior número de falhas, também se deve a um maior número de ensaios destes tipos de placas, embora a sua geometria e espessura possa ter algum impacto. Assim, não se consegue concluir com precisão se existe algum tipo de peça mais prejudicial responsável pelas misturas nas secadoras.

Falhas de Placas 400 e 440:	15
Falhas de Placas 500:	8
Falhas de Eixos:	6
Falhas de Rolos:	3
Total de falhas:	32

Figura 10.20 - Falhas por tipo de peça.

10.1 Sugestões de melhoria

A mistura de peças é um problema sério no que diz respeito à qualidade e confiabilidade de cada lote, podendo trazer problemas na produtividade. Para minimizar estes prejuízos, é preciso adotar medidas.

Visualizando a análise de resultados de todos os ensaios, a filtragem por íman, ou seja, a aspiração seguida da filtração de todo o sorbolux com o intuito do íman captar alguma peça que possa existir, designado de ponto crítico (ponto 16, com maior número de falhas), juntamente com o ponto 5 do protocolo, em que o procedimento é exatamente o mesmo com a diferença de um ser efetuado antes da evacuação e outro após a evacuação, correspondem praticamente a 1/3 (31%) dos problemas detetados.

Se aplicada esta aspiração a cada secadora, por cada lote de peças irá haver uma redução de 1/3 de possíveis futuras misturas de peças.

Pode colocar-se em causa o tempo que ocuparia diariamente um operador para realizar constantemente estas aspirações. Para se ter uma ideia do tempo médio de aspiração, procedeu-se a mais 4 ensaios. Num deles foi novamente detetada uma falha no ponto crítico 16 (aspiração com filtragem por íman), como se vê na Figura 10.21.

Nº secadora	Nº lote	Código de Peças	Peças no Íman (secadora)	Filtragem Íman	Tempo de aspiração
1000087	614 262	500 39	0	1	5/6 minutos
1000321	614 250	500 37	0	0	7 minutos
1003611	614 282	400 98	0	0	5/6 minutos
1000321	614 286	500 39	0	0	6 minutos

Figura 10.21 - Tempo de aspiração médio por secagem.

O tempo de aspiração depende do número de sacos de sorbolux que cada secadora possui, embora não varie assim muito.

Como se pode verificar, o tempo utilizado para a aspiração ronda em média os 6 minutos mas é um processo imprescindível para dar maiores garantias que não haverá mistura de peças nas secadoras. A longo prazo este mesmo tempo despendido poderia trazer benefícios relativamente às perdas que se têm com a misturas de peças, isto numa ótica e proporção de “tempo despendido de aspiração vs produtividade”.

Outra medida é a necessidade de o operador inspecionar antes e depois de cada secagem se existe alguma peça na secadora, nomeadamente em folgas nas quais as peças ficam retidas (Figura 10.22). As secadoras não estão totalmente bem dimensionadas para todo o tipo de peça, é um defeito de fabrico. Com a vibração da

secadora, estas peças acabam por se soltar e vão misturar-se com as outras causando a contaminação do lote.



Figura 10.22 – Folga na rede de evacuação da secadora com placas retidas.

Uma outra sugestão de melhoria é a utilização de ímanes mais complexos em vez do íman que é utilizado habitualmente, como se pode ver na Figura 10.7. Como consta no ponto 14 do protocolo onde foi detetado 9% das falhas totais, mas após este ponto ainda ocorreram mais 41% das falhas totais até ao final do protocolo, o que demonstra uma certa ineficácia deste mesmo íman.

Uma alternativa a experimentar poderia ser o desenvolvimento de um protótipo em *Solid Works* semelhante ao do íman usado no aspirador. Este é mais eficiente e tem maior área de contacto magnético, podendo assim vir a desempenhar um papel importante quanto à redução das misturas. Na Figura 10.23 e na Figura 10.24 está ilustrado o protótipo desenvolvido com a mesma ideologia e formato do íman acoplado ao aspirador. Outra opção são esferas magnéticas. Têm o mesmo funcionamento que o íman e percorrem uma maior área durante o percurso na secadora.

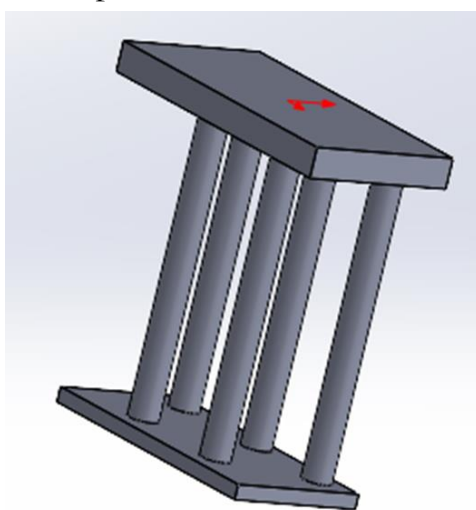


Figura 10.23 – Protótipo do íman.

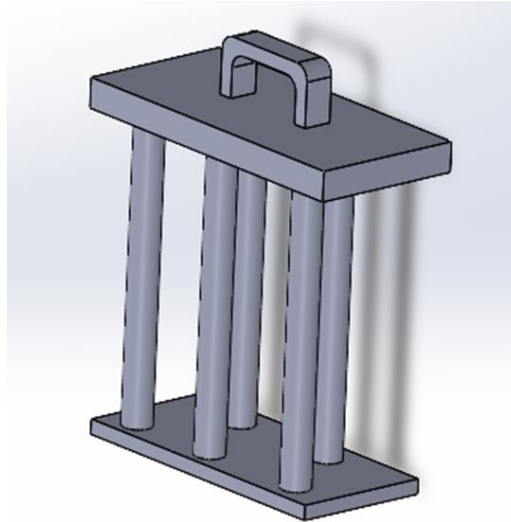


Figura 10.24 – Protótipo semelhante ao íman do aspirador.

Atualmente já existem equipamentos bastante sofisticados. Embora o elevado preço, uma hipótese seria adquirir um equipamento que tenha a capacidade de fazer a “diálise” ao sorbolux, isto é, um mecanismo que aspire o sorbolux, faça a filtração magnética e coloque de volta o sorbolux na secadora. Algo que fosse pré-programado, evitando a mão de obra e o tempo do operador.

11 CONCLUSÃO

Realizadas todas as tarefas propostas na SRAMPOR, o balanço que se faz ao estágio é bastante positivo na generalidade, não só e apenas pela aprendizagem e conhecimentos que foram adquiridos ao longo dos meses em todas as áreas que compõem a fábrica, mas sobretudo pelo dinamismo e sucesso da realização dos tópicos desenvolvidos, tal como foram referidos no desenrolar do relatório.

Toda a cadeia do processo de fabrico é essencial para a obtenção do produto final, sendo o papel da manutenção assegurar que desde o primeiro processo ou tratamento que uma peça sofre, até esta chegar à montagem e ser deslocada para o armazém de expedição, não acontece nenhuma inconformidade e todos os equipamentos presentes na ação estão nas devidas condições para a melhor eficiência operacional. A manutenção na SRAMPOR, a qual já tem muito boas práticas na sua totalidade, contudo é possível melhorar em alguns setores, tornar a interação com os equipamentos mais tecnológica e conseguir adotar cada vez mais medidas de manutenção preditiva ao mesmo tempo reduzindo as medidas de manutenção preventiva e consequentemente reduzir também as medidas de manutenção corretiva para reparar/corrigir qualquer falha, pois seria possível prever com antecedência qualquer equipamento que estivesse a entrar em rutura.

Ao longo do estágio, foi visível que por vezes os operadores esquecem-se de assinar as gamas de manutenção de nível 1, o que leva a suspeitar se a tarefa de manutenção semanal foi realmente realizada. Seria bom conseguir induzir ainda mais aos operadores a importância da manutenção de nível 1 como princípio base de melhoria contínua dos equipamentos que manuseiam no seu dia a dia. Uma boa manutenção é fundamental independentemente do nível em causa para dar mais garantias da fiabilidade do equipamento/máquina.

O planeamento da manutenção ajustado semanalmente para uma melhor organização das tarefas por parte dos técnicos, é uma ferramenta que por mais simples que pareça tem impacto na eficiência operacional, pelo cumprimento dos prazos de manutenção, como a distribuição seletiva consoante as qualidades individuais mais indicadas a cada função a desempenhar, além disso, serve como motivação e objetivo para os colaboradores, de modo que consigam cumprir todos os dias o que está planeado.

A Indústria 4.0 apesar de já estar presente na SRAM, no entanto dever-se-ia tentar explorar mais este conceito e aplicá-lo a todos os setores da fábrica. Algumas prensas já têm a capacidade de conseguir reter a informação a cada instante e enviá-la para posterior análise, mas por exemplo, o setor da niquelagem, ainda não tem inserido este conceito, para que se possa ter um maior controlo de cada tambor, e seguir

instantaneamente o seu funcionamento, a fim de procurar uma solução quando estes param a sua rotação e assim minimizar, os prejuízos de cada carga/lote.

Vivemos numa era industrial com grande aposta na tecnologia, a inteligência artificial e no uso de robôs autónomos. A SRAMPORT não pode ficar reticente quanto a este avanço, e precisa de continuar a acompanhar cada progresso para estar atualizada e poder competir nas empresas com maior visibilidade no mercado global.

Outro ponto importante, foi o desenvolvimento e tratamento dos dados relativamente à fiabilidade de equipamentos críticos, em que geralmente acontecem avarias. Com estes dados (cálculo do MTBF) torna-se possível que se antecipe qualquer falha, assim como ter noção do tempo médio que o equipamento irá durar sem ser preciso intervir, é algo que os próprios técnicos ao adotarem estes tratamentos de dados, conseguirão ter uma perceção diferente de cada equipamento, conseguindo analisar os dados de fiabilidade consoante o que pretendem. Quanto maior for o valor de fiabilidade de um equipamento, mais tempo de vida útil tem sem apresentar qualquer anomalia.

Sem uma boa gestão de manutenção, não é possível ser-se bem sucedido, o mesmo se aplica aos rolamentos da fábrica. Acontecia por vezes, um operador ou técnico necessitar de algum tipo de rolamento e o mesmo não estava disponível por não haver em stock, contudo, neste momento e pós-elaboração de um ficheiro com a lista de rolamentos e as quantidades presentes de cada um, isso já não se sucede. Foi colocada uma segurança/aviso, para que quando exista apenas uma unidade de um determinado rolamento, a célula fique vermelha como alerta de stock mínimo, o que levaria o responsável da manutenção a encomendar mais rolamentos desse tipo, para armazenar em stock. Poderá também ser implementada uma estratégia de notificação direta para o responsável ou o fornecedor, para quando exista uma quantidade mínima de rolamentos, seja abastecido, e assim o stock nunca entre em rutura. Esta metodologia pode ser aplicada a outros acessórios, para assim garantir o bom funcionamento da fábrica.

Relativamente às prensas, onde se inicia todo o processo de fabrico, é muito importante certificar que estas estão a trabalhar de forma correta, para que todo o desencadear do processo de fabrico seja bem realizado e não se inicie logo com pequenos desvios, devido a uma má calibração. Nos ensaios efetuados, constatou-se que num deles a própria célula de carga não estava bem calibrada, o que originou valores com grande discrepância. Porém, no segundo ensaio, já após correção da célula de carga, conseguiu-se retirar os valores corretos e as diferenças medidas da célula de carga comparada com a prensa. Por vezes, estas diferenças são significativas, o que faz a prensa não estar a trabalhar totalmente como programada, quando se está perante estes casos é necessário falar com o fabricante para corrigir estes desvios. As prensas da SRAMPORT são de grande porte, estando algumas destas programadas para 400 golpes por minuto quando o curso do cabeçote é mais reduzido permitindo maior número de golpes num curto espaço de tempo. A manutenção das prensas é essencial para que estas trabalhem na sua plenitude sem

qualquer interrupção que prejudique a produção. Cabe aos técnicos de manutenção e operadores garantirem uma boa lubrificação das prensas, para estas não apresentarem desgaste e possuírem a melhor mobilidade possível quando sujeitas a trabalho útil.

Relativamente aos motores de equipamentos críticos, apesar de a base de dados criada possuir todas as informações de cada chapa característica dos motores/bombas, existe alguma informação adicional que poderá ser adicionada e que não consta nas chapas características, como é o caso, dos rolamentos, empanques e retentores. Esta base de dados, quanto mais completa, for mais eficaz e mais útil será quando qualquer técnico ou operador necessite de intervir em algum motor por questões de manutenção. O facto de os equipamentos estarem numerados, permite a identificação do motor na base de dados de forma mais intuitiva. Acontece regularmente na fábrica, as chapas características dos motores apresentarem desgaste e quando os motores necessitam ser trocados ou substituídos, não se tenha à disposição toda a informação fiável. A criação desta base de dados veio facilitar a resolução destas mesmas situações.

Ainda na niquelagem, a elaboração de tabelas para uma melhor monitorização da manutenção preventiva de cada tambor, é fulcral para ter a noção e o controlo do tempo de trabalho de cada tambor após estes sofrerem avarias, algo que ainda não estava presente na SRAMPORT e após elaborado fornece todas as condições para melhoria e implementação com base nesta monitorização de algo mais tecnológico, seguindo a ideologia da Indústria 4.0.

As linhas de niquelagem são um processo fundamental para dar brilho e maior resistência às peças, no entanto quando os tambores que transportam as peças não estão a trabalhar em conformidade, provocam prejuízos bastante elevados. A criação destas tabelas permite assim uma melhor gestão e monitorização dos tambores face a avarias.

Após uma extensa análise detalhada da mistura de peças nas secadoras, envolvendo 40 ensaios a partir do protocolo estipulado, é possível afirmar pelos resultados de misturas atualmente analisados que as secadoras apresentam neste momento melhores percentagens de sucesso, o que se traduz numa diminuição da contaminação de peças nas secadoras, uma melhoria face aos dados que apresentavam antes de se atuar. Com uma boa aspiração e sem descartar a hipótese de melhorar a filtragem por íman e juntamente com equipamentos mais sofisticados, é possível assegurar uma taxa de sucesso quase total, face à quantidade que cada lote possui, o que é relativamente satisfatório.

Concluindo, a manutenção permite não só garantir o bom funcionamento de todos os equipamentos e da fábrica no geral, assim como é um pilar importante no processo de melhoria contínua e na implementação de novas tecnologias para o bem-estar o crescimento da SRAMPORT.

12 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCEPT. (2023). *Diagrama de causa-efeito*. <https://www.accept.pt/diagrama-de-ishikawa-causa-efeito/>
- Afey, I. H. (2010). Reliability-Centered Maintenance Methodology and Application: A Case Study. *Engineering*, 02(11), 863–873. <https://doi.org/10.4236/eng.2010.211109>
- Agustiady, T. K., & Cudney, E. A. (2018). Total productive maintenance. *Total Quality Management and Business Excellence*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/14783363.2018.1438843>
- Banduka, N., Tadic, D., Macužic, I., & Crnjac, M. (2018). Extended process failure mode and effect analysis (PFMEA) for the automotive industry: The FSQC-PFMEA. *Advances in Production Engineering And Management*, 13(2), 206–215. <https://doi.org/10.14743/apem2018.2.285>
- Baudrand, D. W. (2007). Bright nickel plating. *Plating and Surface Finishing*, 94(5), 32–36. <https://doi.org/10.1080/00202967.1936.11869307>
- Cordeiro, J. C., & Assumpção, M. R. P. (2016). Manutenção corretiva: Um procedimento para estabelecimento de indicadores para gestão de ações na área de manutenção e operações. *Exacta*, 14(2), 173–182. <https://doi.org/10.5585/exactaep.v14n2.5895>
- Da, L., & Lima, S. (n.d.-a). *UMA ABORDAGEM SOBRE A MANUTENÇÃO PREVENTIVA COMO MEIO PARA DIMINUIR A MANUTENÇÃO CORRETIVA*.
- Da, L., & Lima, S. (n.d.-b). *UMA ABORDAGEM SOBRE A MANUTENÇÃO PREVENTIVA COMO MEIO PARA DIMINUIR A MANUTENÇÃO CORRETIVA*.
- Dauch, K. A., Silva, J. E. A. R. da, & Jabbour, A. B. L. de S. (2016). Avaliação da implantação da metodologia 5S em uma empresa manufatureira: análise de etapas, benefícios e barreiras. *Exacta*, 14(2), 285–302. <https://doi.org/10.5585/exactaep.v14n2.6239>
- De, M. R., & Megiolaro, O. (2015). *UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA ELÉTRICA CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA*.
- Ding, S. H., & Kamaruddin, S. (2015). Maintenance policy optimization—literature review and directions. In *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* (Vol. 76, Issues 5–8, pp. 1263–1283). Springer London. <https://doi.org/10.1007/s00170-014-6341-2>
- IEEE Staff. (2017). *2017 IEEE International Conference on Communications (ICC)*. IEEE.
- International Journal of Modern Engineering Research. (2012). *A Total Productive Maintenance (TPM) Approach To Improve Overall Equipment Efficiency*.
- José, D., Borlido, A., & Leitão, A. (2023). *Indústria 4.0-Aplicação a Sistemas de Manutenção*.

- Junior, G. T., & Saltorato, P. (2018). *IMPACTOS DA INDÚSTRIA 4.0 NA ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA IMPACTS OF THE INDUSTRY 4.0 ON WORK ORGANIZATION: A SYSTEMATIC REVIEW OF THE LITERATURE* (Vol. 18, Issue 2).
- Lemos, M. A., Marcia, C., & Machado Albernaz, R. (n.d.). *QUALIDADE NA MANUTENÇÃO*.
- Lezzi, M., Lazoi, M., & Corallo, A. (2018). Cybersecurity for Industry 4.0 in the current literature: A reference framework. In *Computers in Industry* (Vol. 103, pp. 97–110). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2018.09.004>
- Liliana, L. (2016). A new model of Ishikawa diagram for quality assessment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 161(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/161/1/012099>
- Liu, H., & Zhu, C. (n.d.). / *Mechanism and Machine Theory* 145 (2020) 103701 Fig. 1. Gear lubrication in engineering practices (Vol. 10).
- Marco, A., Loureiro, A., Orientadores, A., Cristóvão, D., Engenheiro, S., Jorge, P., Carvalho, O., Presidente, J., Luís, J., & Afonso, F. (2018). *DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA Análise das atividades de manutenção da SRAMPORT e propostas de melhoria Analysis of SRAMPORT's maintenance activities and improvement recommendations*.
- Marcorin, W. R., Roberto, C., & Lima, C. (2004). *Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos Cost Analysis of Maintenance and Non-Maintenance Policies for Productive Equipments*.
- Pereira, A. C., & Romero, F. (2017). A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. *Procedia Manufacturing*, 13, 1206–1214. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.032>
- pereira de faria, viviane, & Luiz Gonçalves Quelhas, O. (2022). MANUTENÇÃO 4.0: UMA REVISÃO DA LITERATURA DA BASE SCOPUS. *Anais Do Congresso Internacional de Engenharia Mecânica e Industrial*, 21. <https://doi.org/10.29327/aconemi.405324>
- Pires, P. F., Delicato, F. C., Batista, T., Barros, T., Cavalcante, E., & Resumo, M. P. (n.d.). *Capítulo 3 Plataformas para a Internet das Coisas*.
- Powell, D. J. (2023). All About Pull Production: Designing, Implementing, and Maintaining Kanban, CONWIP, and other Pull Systems in Lean Production. *Production Planning & Control*, 34(5), 492–492. <https://doi.org/10.1080/09537287.2021.1939480>
- Ribeiro, J., Lima, R., Eckhardt, T., & Paiva, S. (2021). Robotic Process Automation and Artificial Intelligence in Industry 4.0 - A Literature review. *Procedia Computer Science*, 181, 51–58. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2021.01.104>
- Salonen, A., & Deleryd, M. (2011). Cost of poor maintenance: A concept for maintenance performance improvement. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 17(1), 63–73. <https://doi.org/10.1108/13552511111116259>
- SRAM. (2023). *SRAM*. <https://www.sram.com/en/sram>

Wuttke, R. A., & Sellitto, M. A. (2008). *CÁLCULO DA DISPONIBILIDADE E DA POSIÇÃO NA CURVA DA BANHEIRA DE UMA VÁLVULA DE PROCESSO PETROQUÍMICO*
AVAILABILITY AND POSITION IN BATH-TUBE CURVE CALCULATION OF A
PETROCHEMICAL PROCESS VALVE. www.producaoonline.org.br



**Instituto Superior
de Engenharia**

Politécnico de Coimbra