Revisão e Melhoria de Processos da Manutenção numa Fábrica de Embalagens Metálicas

Tiago Manuel Neves da Volta

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Eduardo Gil da Costa

Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

2020-06-12

À minha mãe e aos meus amigos...

Resumo

O presente projeto foi desenvolvido na fábrica de litografia da Colep Portugal, S.A. em Vale de Cambra e surge da necessidade de rever e atualizar as ordens de manutenção preventiva das linhas de envernizamento e de definir as ordens a implementar no sistema SAP para uma das linhas em estudo. Este projeto teve um período de realização presencial de cerca de um mês e, no restante, houve uma abordagem de trabalho à distância. Tendo em conta os resultados esperados pela empresa, este documento apresenta o trabalho realizado sobre a "Revisão e Melhoria de Processos de Manutenção numa Fábrica de Embalagens Metálicas".

O projeto consistiu na revisão e atualização dos processos de manutenção das linhas de envernizamento e na apresentação de propostas de melhoria dos equipamentos utilizados.

A evolução e os diferentes tipos de manutenção e a metodologia da Manutenção Produtiva Total (TPM) são apresentados como base teórica para se demonstrar como uma empresa bem organizada a todos os níveis pode melhorar o rendimento e aumentar o período de vida dos seus equipamentos. Adicionalmente, são expostas as ferramentas *lean* utilizadas no desenvolvimento do projeto.

Embora o projeto se incida sobre as linhas de envernizamento, apresenta-se todo o processo produtivo da litografia, uma vez que as etapas que antecedem as linhas envernizamento, assim como as posteriores, têm implicações no funcionamento das mesmas.

Com a finalidade de se determinar quais as linhas e equipamentos onde seria mais importante intervir, procedeu-se à recolha de dados e informações a partir dos registos da manutenção para se efetuar uma análise e obter indicadores do estado da manutenção. Tendo em conta os erros no preenchimento dos documentos referentes às intervenções de manutenção, os dados tiveram que ser analisados cuidadosamente e foi apresentado uma proposta de alteração do documento a ser preenchido de maneira a simplificar e clarificar o preenchimento.

Um dos principais objetivos era a atualização das ordens de manutenção preventiva, portanto, foram introduzidas algumas novas ordens e alteradas as periodicidades de ordens de manutenção desatualizadas. Definiu-se, ainda, o plano de manutenção preventiva para uma das linhas de envernizamento com o intuito de prolongar o tempo de vida dos equipamentos dessa linha. Sendo este plano extenso, foi criado um manual de normas da manutenção contendo as tarefas e indicando o local a intervir em cada tarefa.

Por último, foram elaboradas propostas de melhoria, seja relativamente a equipamentos ou a procedimentos, com vista a melhorar o desempenho das linhas e a simplificar e facilitar o trabalho da equipa de manutenção.

A implementação de algumas das soluções apontadas não foi possível devido ao reduzido tempo em ambiente industrial.

Maintenance Process Review and Improvement in a Metal Packaging Industry

Abstract

This project was developed at Colep Portugal, S.A.'s lithography factory in Vale de Cambra and arises from the need to review and update preventive maintenance orders for the varnishing lines and from the need to define the orders to be implemented in the SAP system for one of the lines under study. This project had a face-to-face period of about one month and, in the rest, there was a distance working approach. Taking into account the results expected by the company, this document presents the work done on the "Maintenance Process Review and Improvement in a Metal Packaging Industry".

The project consisted in the revision and updating of the maintenance processes of the varnishing lines and the presentation of proposals for the improvement of the equipment used.

The evolution and the different types of maintenance and the Total Productive Maintenance (TPM) methodology are presented as a theoretical basis to demonstrate how a well-organized company at all levels can improve the performance and increase the life span of its equipment. Additionally, the lean tools used in project development are exposed.

Although the project is focused on the varnishing lines, the entire production process of lithography is presented because the steps preceding the varnishing lines, as well as the subsequent ones, have implications in their operation.

In order to determine which lines and equipment would be most important to intervene, data and information were collected from the maintenance records in order to perform an analysis and obtain indicators of the maintenance status. In view of the errors in filling in the documents relating to maintenance interventions, the data had to be analysed carefully and a proposal was made to amend the document to be filled in in order to simplify and clarify the filling in.

One of the main objectives was to update preventive maintenance orders, therefore, some new orders were introduced and the periodicity of outdated maintenance orders changed. The preventive maintenance plan was also defined for one of the varnishing lines in order to extend the life of the equipment of this line. As this plan is extensive, a maintenance manual was created containing the tasks and indicating the place to intervene in each task.

Finally, proposals have been drawn up for improvements, either in equipment or procedures, with a view to improving the performance of the lines and simplifying and facilitating the work of the maintenance team.

The implementation of some of the solutions pointed out was not possible due to the short time in industrial environment.

Agradecimentos

O caminho académico que culminou na realização desta dissertação foi árduo e trabalhoso mas só foi possível devido ao apoio e entreajuda dos amigos que a faculdade me foi proporcionando. Pelas noites de estudo em grupo, pelas propositadas idas à faculdade simplesmente para me explicarem alguma matéria, pela disponibilidade em responder a dúvidas mesmo à distância, pelas simples pausas e saídas para relaxar… Não querendo referir nomes pelo receio de me esquecer de algum, a todos, o meu muito obrigado. Não tenho dúvidas que só foi possível aqui chegar graças a vocês.

Gostaria ainda de agradecer à minha orientadora na empresa, Eng. Rita Resende, por, mesmo depois da pandemia me obrigar a deixar a fábrica, se manter em contacto e com uma participação ativa no trabalho que faltava ainda ser desenvolvido. Um exemplo de profissionalismo e dedicação num contexto inesperado e que ninguém sabia exatamente como reagir.

Um muito obrigado ao Valdemar e ao sr. José António com quem tive o prazer de partilhar o gabinete e trabalhar lado a lado. Sempre amáveis, sorridentes e disponíveis, fizeram com que o tempo passado na fábrica fosse mais do que uma aprendizagem em ambiente industrial, demonstraram o que é bem receber e foram um exemplo de caráter.

Agradeço ainda aos colegas João Ramos, Mariana Fecha, Afonso Macedo e Luís Fonseca, que realizaram as suas dissertações na Colep durante o mesmo período em que lá estive, a partilha de conhecimento e por terem facilitado a minha integração na empresa. O facto de sentirmos as mesmas dificuldades motivou-nos a cooperar mutuamente.

Ao meu orientador da FEUP, Prof. Eduardo Gil da Costa, o meu profundo agradecimento por, uma vez mais, face a uma situação inesperada e de difícil gestão como foi a pandemia, sempre se ter mostrado disponível para esclarecer alguma dúvida e orientar num período de grande incerteza.

À Susana agradeço pela paciência, apoio e ajuda na revisão da minha escrita.

À minha mãe e ao meu irmão por me incentivarem a lutar para alcançar os meus objetivos, obrigado.

Obrigado ainda à Colep por ter concedido um apoio financeiro no período em que estive presencialmente na fábrica e as boas condições de integração que proporcionou.

A todos os que me ajudaram neste percurso e estiveram presentes, o meu sentido Obrigado!

Índice de Conteúdos

1 Introdução ... 1
1.1 Enquadramento do projeto e motivação ... 1
1.2 Apresentação da empresa Colep ... 2
1.3 Objetivos do projeto ... 3
1.4 Método seguido no projeto ... 3
1.5 Estrutura da dissertação ... 4
2 Enquadramento Teórico ... 5
2.1 A manutenção e a sua evolução ... 5
2.2 Tipos de manutenção ... 8
2.2.1 Manutenção Corretiva ... 9
2.2.2 Manutenção Preventiva Sistemática ... 9
2.2.3 Manutenção Preventiva Condicional ... 9
2.3 *Lean* na Manutenção ... 10
2.3.1 Metodologia 5S ... 11
2.3.2 Diagrama de Pareto ... 12
2.3.3 Poka-Yoke ... 12
2.3.4 "5 porquês?" ... 13
2.4 Indicadores de desempenho ... 13
3 Apresentação do estado inicial ... 15
3.1 Processo produtivo na secção da litografia ... 16
3.1.1 Corte primário ... 16
3.1.2 Linhas CV ... 17
3.1.3 Linhas UV ... 23
3.1.4 Corte secundário ... 24
3.2 Documentação e registos ... 25
3.2.1 Registo das manutenções corretivas ... 25
3.2.2 Registo das Intervenções de Manutenção Preventiva ... 26
3.3 Análise do desempenho da manutenção ... 27
4 Soluções propostas ... 32
4.1 Definição do plano de manutenção preventiva para a linha E ... 32
4.2 Introdução das manutenções preventivas na linha E no sistema SAP ... 33
4.3 Criação de um manual de normas para a manutenção preventiva na linha E ... 34
4.4 Programação da manutenção em conformidade com a produção ... 36
4.5 Promoção da manutenção autónoma ... 36
4.6 Substituição periódica do sistema de alimentação da linha E ... 37
4.7 Automatização do flamejador ... 38
4.8 Alteração da periodicidade de uma ordem de manutenção preventiva nas linhas CV ... 39
4.9 Alteração da apresentação das ordens de manutenção preventiva ... 39
5 Conclusões e Trabalhos Futuros ... 41
Referências ... 43
ANEXO A: Dados para a determinação da taxa de cumprimento das manutenções preventivas 44
ANEXO B: Ordens de manutenção corretiva e preventiva realizadas desde 2017 ... 45
ANEXO C: Tabela com o número de avarias por equipamento no período de tempo considerado para as linhas A, B, C e E ... 46
ANEXO D: Tabela com o número de avarias por equipamento no período de tempo considerado para a linha D ... 47
ANEXO E: Diagramas de Pareto das linha E, B e C ... 48

Lista de Figuras

Figura 1- Distribuição geográfica das fábricas da Colep (Fonte: Colep.com, acedido em março de 2020) 2

Figura 2 - Pilares do TPM (Fonte: https://www.excel-pmt.com/2018/12/8-pillars-of-tpm.html, acedido em março de 2020) 6

Figura 3 - Tipos de manutenção segundo a norma NP EN 13306 2007 8

Figura 4 – Custos da manutenção (Fonte: (Victor Mirshawa 1993)) 8

Figura 5 - Metodologia 5S (Fonte: (Hirano 1995)) 11

Figura 6 – Princípio 80-20 (Fonte: https://www.interaction-design.org/literature/article/the-pareto-principle-and-your-user-experience-work, acedido em abril de 2020) 12

Figura 7 - Processo produtivo na litografia 15

Figura 8 - Linha de corte primário 16

Figura 9 - Folhas com formato reto (esquerda) e formato *scroll* (direita) 17

Figura 10 - Imagem esquemática duma linha CV (Fonte: COLEP) 18

Figura 11 - Alimentador (à esquerda) e alimentador de folha em contínuo (à direita) 18

Figura 12 - Envernizadora 19

Figura 13 - Diferentes rolos utilizados na envernizadora 20

Figura 14 - Carregador do forno 20

Figura 15 - Forno 21

Figura 16 - Cabine de lavagem (à esquerda) e transportador de descarga (à direita) 21

Figura 17 - Descarregador duplo 22

Figura 18 - Imagem esquemática duma linha UV (Fonte: COLEP) 23

Figura 19 - Exemplo de um balote de folhas litografadas 24

Figura 20 - Folhas usadas para cúpulas e fundos (à esquerda) e corpos de embalagens de aerossóis (à direita) 24

Figura 21 - Ordem de manutenção corretiva 25

Figura 22 - Ordens de manutenção preventiva 26

Figura 23 - Taxa de cumprimento das manutenções preventivas 27

Figura 24 - Diagrama de Pareto das avarias da linha A 29

Figura 25 - Diagrama de Pareto das avarias da linha D 30

Figura 26 - Exemplo de uma ordem de manutenção preventiva 33

Figura 27 - Tarefas de manutenção preventiva pertencentes ao manual 35

Figura 28 - Sistema de alimentação 37

Figura 29 - Flamejador 38

Figura 30 - Possível apresentação das ordens de manutenção preventiva 40

Figura 31 - Diagrama de Pareto da linha E 48

Figura 32 - Diagrama de Pareto da linha B 48

Figura 33 - Diagrama de Pareto da linha C 49

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Ferramentas *lean* utilizadas consoante o tipo de desperdício.....10
Tabela 2 - Taxa de cumprimento das manutenções preventivas 44
Tabela 3 - Ordens de trabalho corretivo e preventivo 45
Tabela 4 - Número de avarias por equipamento.....46
Tabela 5 - Número de avarias por equipamento para a linha D 47

1 Introdução

A presente dissertação foi desenvolvida no âmbito da especialização em Gestão da Produção do Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica,da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, tendo como tema a "Revisão e Melhoria de Processos da Manutenção numa Fábrica de Embalagens Metálicas" e foi realizada em ambiente empresarial na Colep Portugal S.A. em Vale de Cambra.

A gestão da manutenção é um processo difícil e complexo que está sujeito a um grande número de variáveis. A definição das políticas de manutenção adequadas para cada empresa exige muito tempo e necessita de bastantes dados que nem sempre estão disponíveis.

A realização deste projeto implicou um conhecimento aprofundado do processo produtivo e funcionamento dos equipamentos. Tal foi conseguido a partir da troca de experiências com os responsáveis da fábrica e da análise dos dados do sistema informático de gestão da manutenção.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

Os sistemas e equipamentos estão sujeitos a falhas e avarias com o decorrer do tempo que condicionam o seu funcionamento. As equipas de manutenção devem, assim, consertar, reparar ou substituir as peças de forma a que a disponibilidade dos equipamentos seja aumentada e, consecutivamente, leve a um aumento da produção. Como se pode constatar, a manutenção está interligada à produção e pode ser parte fundamental na resposta às crescentes exigências do mercado.

O presente projeto foi realizado na litografia da Colep, em Vale de Cambra, e surge da necessidade de se reverem e atualizarem as ordens de manutenção preventiva das linhas de envernizamento e da necessidade de se definirem as ordens a implementar no sistema SAP para uma das linhas em estudo.

A equipa de manutenção está, muitas vezes, concentrada em solucionar as paragens e problemas que vão surgindo nos equipamentos que ficam sem tempo para resolver as causas das paragens e repensar os procedimentos. Assim, no final do projeto pretende-se que tenha sido feita uma análise do estado inicial da manutenção, que os planos de manutenção estejam revistos e atualizados e que seja elaborado um caderno descritivo sobre a manutenção numa das linhas convencionais. Como resultado espera-se que a execução deste projeto leve a um aumento da disponibilidade dos equipamentos e da equipa de manutenção da litografia.

O contínuo avanço tecnológico dos equipamentos deve ser acompanhado por uma gestão da manutenção eficaz que potencie ao máximo a capacidade dos mesmos.

1.2 Apresentação da empresa Colep

A Colep é atualmente uma empresa pertencente ao grupo RAR e é uma empresa líder no mercado mundial de embalagens de bens de consumo e de manufatura por contrato (*contract manufacturing*), sendo líder europeu no fabrico de aerossóis e líder ibérico no fabrico de embalagens metálicas. Cerca de 2 800 pessoas, globalmente, fazem com que o volume de negócios da Colep atinja os 430 milhões de euros, sendo que esta está presente em Portugal, Espanha, Alemanha, Polónia, Reino Unido, Brasil, México e Emirados Árabes Unidos. A Figura 1 apresenta a distribuição geográfica das fábricas da Colep.

Quando foi fundada em 1965, em Vale de Cambra, a Colep era uma empresa produtora de latas.

Em 1999, expande-se para território internacional adquirindo mais uma fábrica produtora de embalagens metálicas em Navarra, Espanha.

Entre 2000 e 2001, o grupo RAR adquiriu a totalidade da Colep e potenciou ainda mais a expansão da empresa para território internacional, estabelecendo-se na Polónia no ano de 2002 com a criação de uma fábrica de enchimento. A primeira fábrica fora do continente europeu, mais precisamente no Brasil, foi adquirida em 2010, onde se fazia o enchimento de aerossóis e líquidos.

Em 2013, estabeleceu-se uma aliança estratégica com a "One Asia Network" permitindo a partilha de conhecimento e das melhores práticas. A partir da "ACOA- the Alliance of Colep & One Asia", a Colep criou uma rede global de fornecimento oferecendo aos clientes proximidade e flexibilidade (Colep 2020).

A missão da Colep é, através do trabalho em parceria com os seus clientes, oferecer conforto aos consumidores a partir da inovação, tecnologia e práticas sustentáveis (Colep 2014).

Os valores da Colep são um conjunto de princípios que representam o modo como a organização interage com os seus parceiros e colaboradores. O foco no cliente, a ética no trabalho, a promoção da aprendizagem e criatividade, a criação sustentável de valor e a busca pela excelência são os valores pelos quais a Colep pretende ser reconhecida (Colep 2014).

A Colep Portugal S.A. – Vale de Cambra, está dividida em quatro fábricas: plásticos, enchimento, embalagens metálicas e litografia. O presente projeto foi realizado na litografia, pertencente à área de *Metal Packaging* da Colep, que está subdividida nas secções de corte primário, linhas CV (envernizamento), linhas UV (impressão) e corte secundário.

A litografia é uma fábrica que tem como função cortar, envernizar e litografar balotes (conjunto de folhas empilhadas) que darão origem a embalagens metálicas. Esta é das fábricas da Colep – Vale de Cambra que mais conhecimento e competências técnicas exige aos colaboradores, pois os processos de produção são complexos e minuciosos.

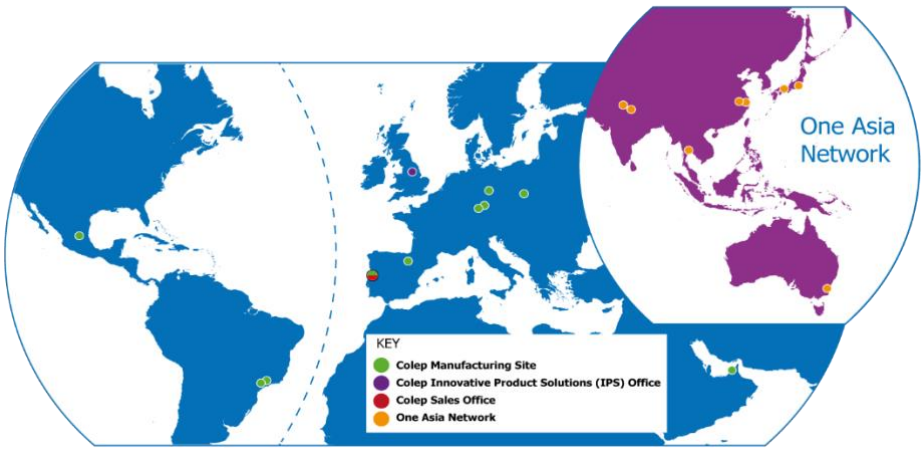


Figura 1- Distribuição geográfica das fábricas da Colep (Fonte: Colep.com, acedido em março de 2020)

1.3 Objetivos do projeto

Os equipamentos de uma organização, para além de sofrerem avarias ou deixarem de funcionar devidamente com o decorrer tempo, também sofrem melhorias ou alterações. A própria empresa vai adquirindo novos equipamentos e linhas ou desfazendo-se dos bens mais antigos. Desta forma, é importante que as políticas de manutenção existentes sejam também revistas e atualizadas periodicamente para que fiquem adequadas ao novo estado da fábrica e constituintes.

Este projeto incidiu sobre a manutenção na fábrica da litografia e teve o apoio à realização de toda a estrutura referente à manutenção. Os objetivos consistiram na revisão e melhoria de processos da manutenção de forma a analisar e melhorar os planos e equipamentos existente para aumentar a eficácia dos recursos utilizados.

A análise do estado inicial da manutenção foi realizada recorrendo-se ao módulo SAP-PM que é um sistema informático onde a empresa mantém os dados referentes à manutenção. O levantamento exaustivo dos dados permitiu a elaboração de indicadores que demonstraram qual era o estado inicial e quais os equipamentos mais críticos.

Juntamente com a revisão e atualização dos equipamentos e planos existentes, foi elaborado um caderno descritivo e ilustrativo das manutenções para auxiliar os mecânicos na execução das tarefas.

A introdução dos planos de manutenção revistos e atualizados no sistema SAP-PM era um dos objetivos propostos pela empresa, mas que não foi possível realizar devido ao projeto ter sido maioritariamente realizado à distância.

1.4 Método seguido no projeto

A metodologia utilizada para a realização do projeto pode ser dividida nas seguintes fases:

- Conhecimento de todo o processo produtivo na litografia e compreensão dos problemas que podem surgir;
- Recolha de dados sobre as manutenções nas linhas convencionais;
- Análise dos dados obtidos;
- Exploração e discussão de possíveis melhorias com base nos dados recolhidos e problemas que iam surgindo;
- Proposta de possíveis melhorias;
- Definição das manutenções preventivas a implementar numa das linhas convencionais;
- Elaboração do caderno descritivo e ilustrativo.

Algumas destas fases foram realizadas à distância.

1.5 Estrutura da dissertação

O presente documento encontra-se estruturado em cinco capítulos.

No primeiro capítulo pretendeu se responder ao como, ao onde e demonstrar as razões que motivaram a realização da dissertação.

No segundo capítulo é feito o enquadramento teórico do projeto, recorrendo a livros, artigos científicos e pesquisas na internet sobre técnicas, metodologias e ferramentas relacionadas com a manutenção.

No terceiro capítulo são apresentados os procedimentos existentes na manutenção e o processo produtivo da litografia, assim como uma análise do estado inicial de maneira a que se possam descobrir eventuais problemas e possíveis melhorias.

No quarto capítulo apresentam-se possíveis soluções e melhorias a serem implementadas decorrentes do projeto.

Por último, no quinto capítulo, são expostas as conclusões e as perspetivas de trabalhos futuros.

2 Enquadramento Teórico

Os fundamentos teóricos funcionam como uma base na qual todas as propostas de melhoria se devem sustentar.

Neste capítulo serão abordados e explicados teoricamente todos os temas da manutenção que foram aplicados no desenvolvimento da dissertação. Recorrendo a uma abordagem cronológica e a uma transição entre temas pensada, o capítulo inicia-se com a explicação do que é a manutenção e a evolução que sofreu desde a origem do conceito, expondo-se ainda a metodologia *Total Productive Maintenance.* Em seguida, são abordados os tipos de manutenção e apresentadas as ferramentas *lean* utilizadas no decorrer do projeto. Por último, são abordados alguns indicadores de desempenho que permitem uma análise adequada do estado inicial da manutenção na fábrica de litografia.

2.1 A manutenção e a sua evolução

A manutenção são as ações que levam ao bom funcionamento de um equipamento a partir da reparação e/ou conservação do mesmo. Com o desenvolvimento da indústria e o aumento da competitividade do mercado, a manutenção deve procurar ser o mais eficiente e o menos dispendiosa possível. Entre outras, com a manutenção pretende se aumentar a disponibilidade, aumentar a precisão na qualidade, diminuir os riscos de segurança e de danificar o ambiente e diminuir os riscos de perda de produção (Campbell e Jardine 2001).

O conceito e as técnicas de manutenção têm vindo a evoluir com o decorrer do tempo. Inicialmente, apenas se faziam intervenções de manutenção corretiva quando o equipamento avariava ou não estava a funcionar devidamente.

Após a segunda guerra mundial, nos anos 1950, surgiu o conceito de manutenção preventiva nos Estados Unidos da América. Esta forma de manutenção surge quando se apercebem que, a partir de intervenções preventivas adequadas nas máquinas, a performance e duração da vida das mesmas é aumentada. A redução dos custos referentes à reparação dos equipamentos e às perdas de produção é acentuada, o que potencia a manutenção preventiva.

Desde o seu surgimento, a manutenção preventiva condicionada também tem sido desenvolvida e aplicada, embora a um ritmo mais lento por normalmente necessitar de um investimento maior para o diagnóstico do estado do equipamento.

No fim da década de 50, sabendo que os defeitos e avarias podem ser evitados à *priori*, os fabricantes procuravam desenvolver equipamentos mais fiáveis, com a maior qualidade possível e garantir que o equipamento funcionasse durante um longo período de tempo. Para além disso, os equipamentos passaram a ser desenhados de maneira a facilitar as intervenções de manutenção necessárias.

Em 1960 surge o conceito de "Quebra Zero", ou seja, no projeto de um equipamento novo pretendia-se que este não precisasse de qualquer manutenção. Tal objetivo significava que era necessário ter em conta todo o ciclo de vida da máquina.

O TPM (*Total Productive Maintenance*) surge já na década de 1970. Acoplado à consciência individual de que "a minha máquina deve ser protegida por mim", surgiu no japão o TPM amplamente usado atualmente pela indústria. Esta é uma metodologia que tem como objetivo alcançar os conceitos de "quebra zero", "zero desperdício", "zero perdas de velocidade" e "zero acidentes", permitindo que os resultados melhorem substancialmente. Como se pode ver na Figura 2, tendo por base a metodologia 5S, a implementação do TPM congrega a participação de todos, desde os operários até à alta direção, consistindo em oito pilares principais (Nakajima 1990).

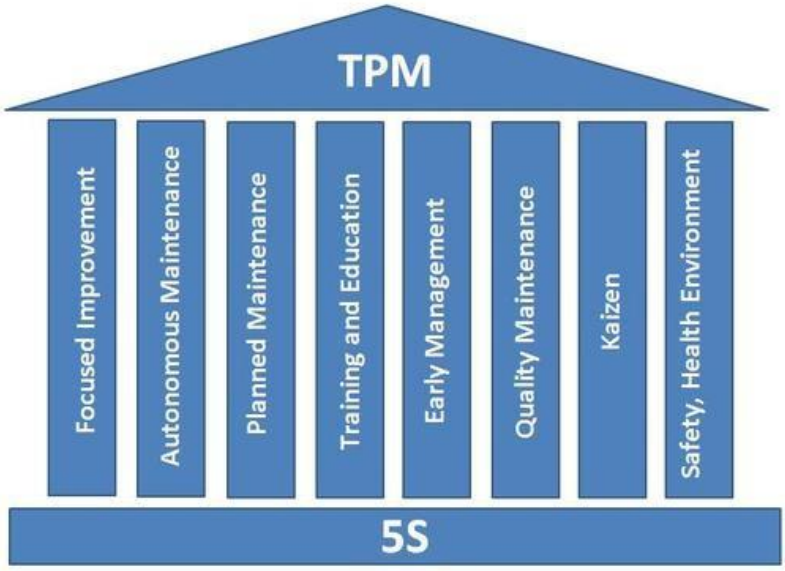


Figura 2 - Pilares do TPM (Fonte: https://www.excel-pmt.com/2018/12/8-pillars-of-tpm.html, acedido em março de 2020)

1. Manutenção Autónoma

   Este é o pilar mais importante e distintivo do TPM. Um operador em constante contacto com uma máquina desenvolve algum conhecimento sobre o seu funcionamento e identifica anomalias ainda numa fase inicial. Este conhecimento, associado a uma formação de como resolver pequenos problemas e a uma atitude proativa, leva a que os operadores possam ter um papel fundamental na manutenção.

   A execução da manutenção autónoma a ser realizada pelo operador pode ser dividida em sete etapas (Cabral 2006):

   1. Limpeza inicial;
   2. Medidas de combate contra a fonte de sujidade e local de difícil acesso;
   3. Elaboração de normas de limpeza e lubrificação;
   4. Inspeção geral;
   5. Inspeção autónoma;
   6. Organização e ordem;
   7. Consolidação.

   A manutenção autónoma passa por valorizar e responsabilizar os operadores dando-lhes autonomia para verificar o funcionamento, identificar e solucionar alguns problemas. São realizadas algumas tarefas de limpeza e lubrificação e os objetivos englobam o aumento da disponibilidade da máquina e a diminuição de pequenas paragens, aumentando a fiabilidade (Teles 2018).

2. Manutenção Planeada

   A manutenção planeada consiste no planeamento, com base no tempo, de tarefas e atividades preventivas que têm como objetivo diminuir o número de falhas. Na sequência da manutenção autónoma, com a atribuição das tarefas mais simples aos operadores, a equipa de manutenção conta com mais tempo para se dedicar a tarefas

mais complexas e criar, assim, um plano de manutenção planeada adequado. O resultado da aplicação deste pilar é um aumento do MTBF (*Mean Time Between Failure*) e da disponibilidade do equipamento, resultando numa redução dos custos. A qualidade do produto acabado é também melhorada.

3. Manutenção da Qualidade

   O TPM tem como objetivo que não se produzam produtos defeituosos, portanto, é necessário que se definam e se normalizem as condições dos equipamentos. Para evitar a produção de produtos defeituosos deve procurar melhorar-se o processo produtivo, eliminando-se, desta forma, não o problema, mas sim a causa do mesmo. A ação sobre o processo produtivo, em vez de ser sobre o produto, assegura que, no futuro, esse defeito deixará de existir.

4. Melhorias Específicas

   De maneira a que se aumente o rendimento global dos equipamentos podem aplicar-se determinadas melhorias que têm como objetivo reduzir o tempo de *setup* ou o desperdício, por exemplo. Estes *upgrades* já requerem algum investimento e não apenas uma melhor metodologia. Cada possível melhoria deve ser estudada para se determinar o impacto sobre a produção e decidir se a sua implementação é ou não benéfica tendo em conta o investimento.

5. Controlo Inicial

   Quando novos equipamentos são adquiridos devido a uma necessidade identificada pelo TPM, deve ser efetuado um controlo inicial para que o equipamento seja corretamente instalado e utilizado.

6. Educação e Formação

   Ainda no seguimento da ideia da manutenção autónoma, os operadores devem receber formação adequada e especializada sobre os equipamentos que estão a operar. Conforme as melhorias vão sendo implementadas, alguns trabalhos podem até vir a desaparecer, mas novos trabalhos serão criados pelo que a formação é essencial para a obtenção de melhores resultados (Benešová e Tupa 2017).

7. Segurança, Saúde e Meio Ambiente

   A segurança dos colaboradores deve sempre estar em primeiro lugar. A partir duma melhoria no local de trabalho, é possível que não existam acidentes e o bem-estar dos equipamentos e colaboradores seja assegurado. A pressão social e governamental para o desenvolvimento sustentável tem sido cada vez maior pelo que aumentar a consciência ambiental é um fator importante para se competir no mercado.

8. Administrativo

   O trabalho em equipa é um parâmetro fundamental do TPM, portanto, a administração deve apoiar e garantir uma melhor conexão e comunicação entre os diferentes departamentos envolvidos no processo (Teles 2018).

2.2 Tipos de manutenção

Segundo a norma (NP EN 13306 2007), manutenção é a "combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele pode desempenhar a função requerida". Consoante o autor, os tipos de manutenção são definidos de maneiras diferentes pelo que às vezes se torna difícil classificar uma intervenção como sendo um tipo específico de manutenção.

Na Figura 3 apresenta-se um esquema dos tipos de manutenção segundo a mesma norma.

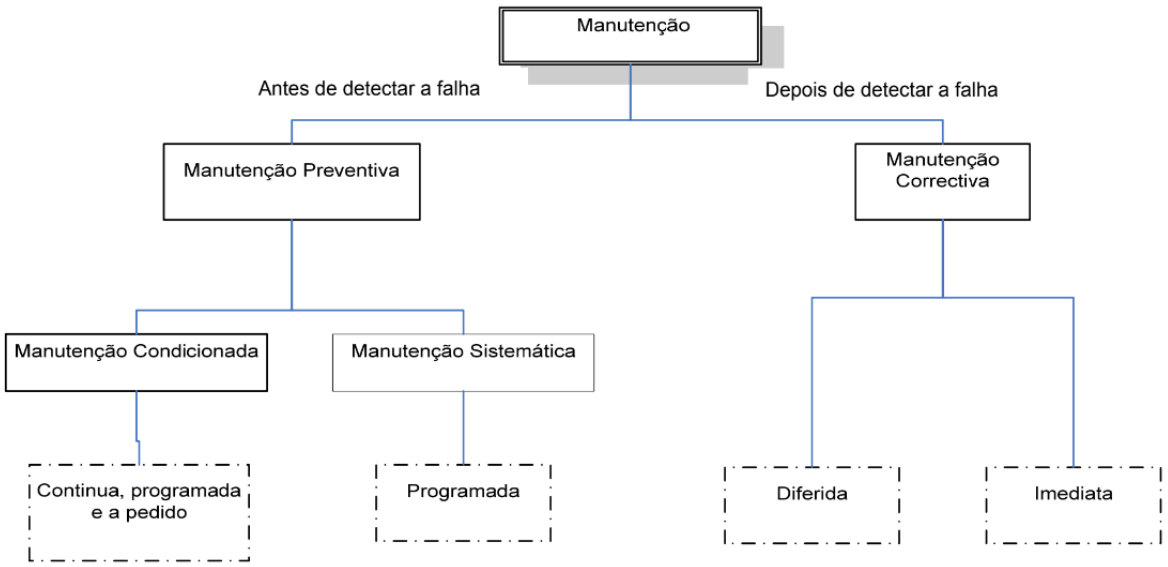


Figura 3 - Tipos de manutenção segundo a norma NP EN 13306 2007

Embora os objetivos do projeto passem pela melhoria das políticas de manutenção preventiva existentes, sobretudo a manutenção preventiva sistemática, é ainda importante definir a manutenção corretiva e a manutenção preventiva condicionada. O gráfico presente na Figura 4 demonstra que a combinação entre os diferentes tipos de manutenção permite alcançar os melhores resultados a nível de custos.

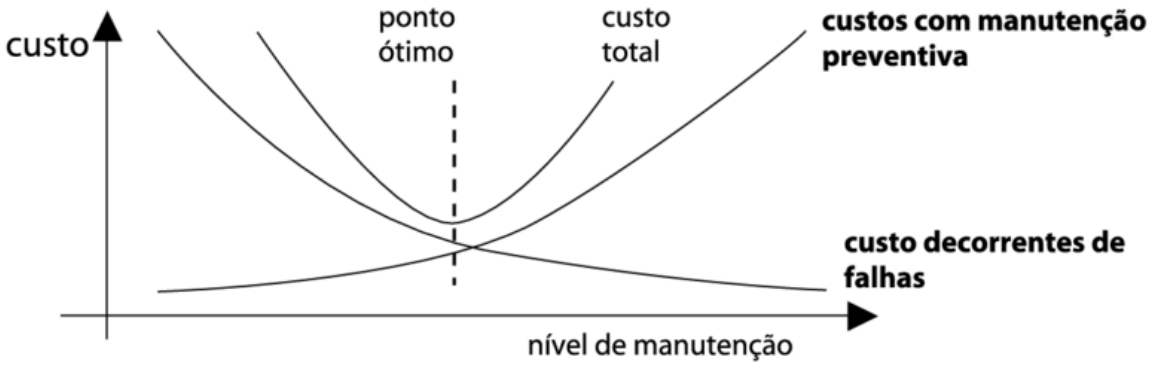


Figura 4 – Custos da manutenção (Fonte: (Victor Mirshawa 1993))

2.2.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva foi a primeira a ser usada na indústria pois, logicamente, quando alguma máquina avariava era necessário repará-la ou substituí-la. Esta é uma atividade não planeada e, segundo a norma NP EN 13306 2007, é definida como a "manutenção efetuada depois da deteção de uma avaria e destinada a repor um bem num estado em que pode realizar uma função requerida".

Quando se trata de máquinas ou equipamentos reparáveis, a manutenção corretiva consiste na reparação após acontecer uma avaria. De salientar que uma avaria deve ser definida como "a inaptidão de um bem para atingir um determinado nível de desempenho" (Cabral 2006). Por ser o tipo de manutenção mais dispendioso e que exige mais tempo dos técnicos de manutenção, deve procurar-se que a manutenção corretiva não planeada seja o mais baixa possível (Cabral 2006).

A substituição deste tipo de manutenção pela manutenção preventiva deve assegurar uma maior disponibilidade dos equipamentos.

2.2.2 Manutenção Preventiva Sistemática

A manutenção preventiva é uma atividade planeada e destina a evitar-se ou a reduzir-se a probabilidade de um determinado equipamento falhar ou de não funcionar devidamente. No entanto, este tipo de manutenção oferece resultados positivos apenas quando as avarias estão relacionadas com a idade da máquina. Quando as condições de operação dos equipamentos são as responsáveis pelas avarias, a manutenção preventiva não deve ser aplicada.

Na manutenção preventiva sistemática, definida como "manutenção efetuada a intervalos de tempo pré-determinados, ou de acordo com critérios prescritos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de avaria ou de degradação do funcionamento de um bem" pela norma NP EN 13306 2007, uma das características essenciais a determinar é a periodicidade das intervenções nos bens para que o tempo de vida do equipamento seja maximizado com o mínimo de custo. Este intervalo de tempo é independente do estado do sistema e pode ser determinado recorrendo ao histórico de avarias ou seguindo as recomendações do fabricante.

2.2.3 Manutenção Preventiva Condicional

A norma NP EN 13306 2007 define ainda a manutenção preventiva condicional como a "manutenção preventiva baseada na vigilância do funcionamento do bem e/ou dos parâmetros significativos desse funcionamento, integrando as ações daí decorrentes", ou seja, recorre a metodologias e a instrumentos de medição que avaliam o estado dos equipamentos e, face aos resultados obtidos e comparando-os com as condições normais de funcionamento, determina-se se é ou não necessário algum tipo de intervenção. As inspeções podem ser em contínuo ou segundo um intervalo de tempo que deve ser adequado e os bens devem permitir que se efetuem as diferentes técnicas de medição.

Neste tipo de manutenção, a substituição de alguma peça apenas acontece quando há sinais de uma possível avaria ou eminente desgaste, o que evita que peças boas possam ser substituídas (ao contrário da manutenção preventiva periódica) e por outro lado permite que a intervenção seja planeada (o que não acontece na corretiva) (Cabral 2006).

2.3 *Lean* na Manutenção

O *lean* é uma estratégia de melhoria contínua que procura identificar e eliminar desperdícios, considerando que desperdício é tudo o que não acrescenta valor ao produto, e promover o cumprimento dos prazos de entrega ao mínimo custo.

As ferramentas *lean* são algumas metodologias e técnicas utilizadas para alcançar os objetivos do *lean*. Estas ferramentas, por si só, não são muito significativas, mas quando combinadas conseguem ter um impacto positivo para a empresa.

Na Tabela 1 apresentam-se alguns exemplos dos tipos de ferramentas *lean* que podem ser utilizadas consoante o tipo de desperdício (Ikumapayi, et al. 2019).

Tipo de desperdício	**Ferramentas *lean***
Produção excessiva	Kanban
Excesso de stocks	Kanban
Erros e defeitos na qualidade dos produtos	Poka-Yoke, Os 5 porquês?
Movimentos desnecessários	5S ; Standardized Work
Tempo perdido em espera	TPM ; SMED
Transportes desnecessários	Kanban

Tabela 1 - Ferramentas *lean* utilizadas consoante o tipo de desperdício

Embora existam variadas ferramentas *lean*, apenas serão abordadas em pormenor as ferramentas que podem ser aplicadas no projeto.

2.3.1 Metodologia 5S

A metodologia 5S, muitas vezes entendida como uma simples limpeza sem grande impacto, está na base da melhoria contínua e tem variados benefícios que passam despercebidos à primeira vista. 5S deriva das palavras japonesas *seiri, seiton, seiso, seiketsu* e *shitsuke,* o que traduzido significa organização, arrumação, limpeza, padronização e disciplina.

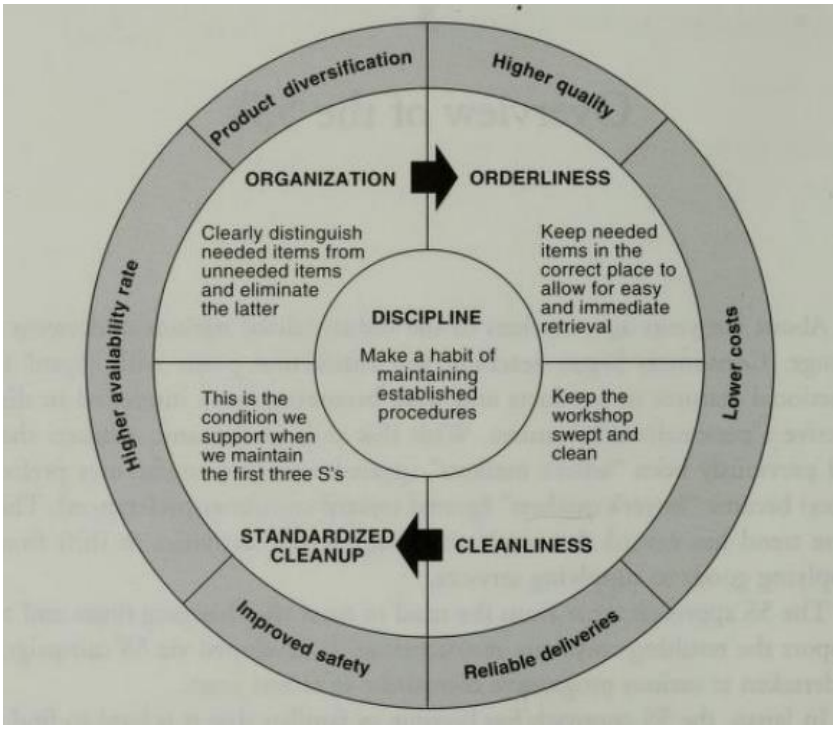


Figura 5 - Metodologia 5S (Fonte: (Hirano 1995))

Como se pode observar na Figura 5, o primeiro passo começa pela organização do ambiente de trabalho, separando o que realmente é preciso do desnecessário. O segundo passo é a arrumação do espaço, ou seja, definir um local para cada objeto consoante a sua necessidade e mantê-lo nesse sítio. O terceiro passo é a limpeza do local de trabalho que deve ser mantida para que qualquer alteração ao funcionamento do equipamento consiga ser detetada. A etapa seguinte é a padronização, que consiste em manter o que foi estabelecido anteriormente. Por último, a disciplina significa criar uma cultura de trabalho entre as pessoas envolvidas para que os procedimentos específicos sejam seguidos. Este conjunto de procedimentos simples pode trazer grandes benefícios à empresa, nomeadamente uma maior diversificação de produtos, maior qualidade, custos reduzidos, entregas nos prazos estabelecidos, maior disponibilidade dos equipamentos e maior segurança (Hirano 1995).

A implementação duma melhoria pode resultar numa forte resistência das pessoas envolvidas. Os 5S são uma simples e boa maneira de começar essa melhoria e integrar as pessoas nessa mudança. Depois da realização das etapas, as pessoas sentem-se mais motivadas observando o que alcançaram com o seu trabalho, ficando mais recetivas a possíveis alterações (Coimbra 2013).

2.3.2 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto segue a regra 80-20, ou seja, que 80% dos problemas são provenientes de apenas 20% das causas. Sabendo isto e identificando essas causas, é possível que os esforços sejam concentrados no que verdadeiramente é necessário controlar.

As diferentes fases para a estruturação do gráfico são, inicialmente, a categorização das causas dos problemas e que tipo de dados se pretende recolher e, posteriormente, a recolha dos dados e a organização das categorias pela frequência relativa.

Esta ferramenta, para além de permitir a identificação das principais causas do mau funcionamento, permite ainda fazer uma análise do processo e priorizar os problemas segundo a sua frequência (Almada-Lobo 2013).

A Figura 6 apresenta o princípio 80-20, demonstrando que se se atuar sobre as causas certas podem-se melhorar os resultados substancialmente com um menor esforço.

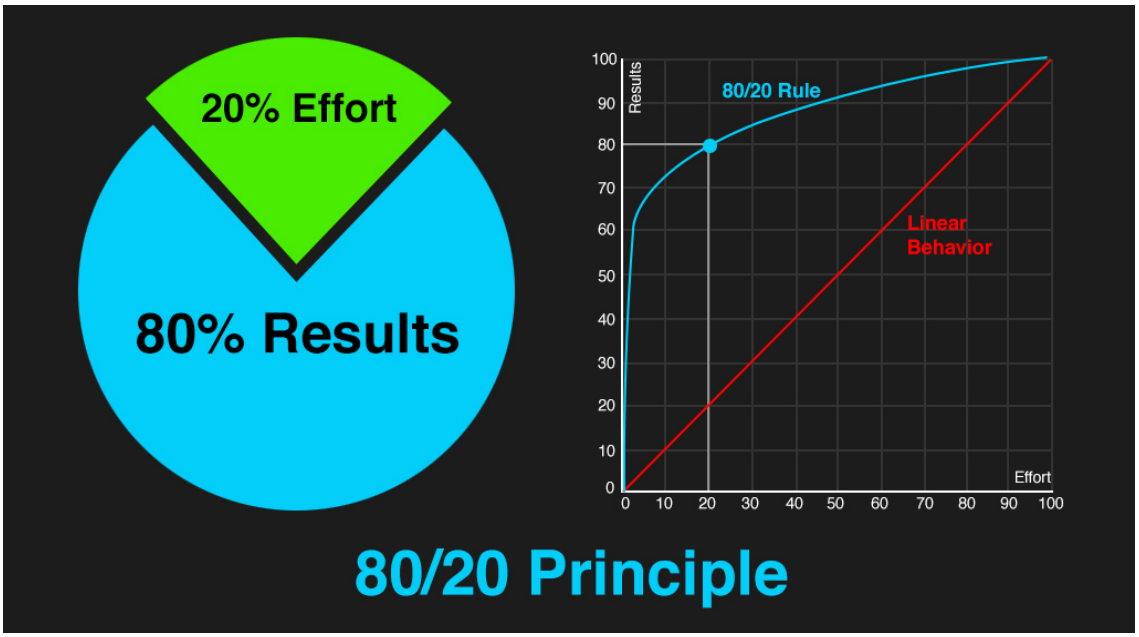


Figura 6 – Princípio 80-20 (Fonte: https://www.interaction-design.org/literature/article/the-pareto-principle-and-your-user-experience-work, acedido em abril de 2020)

2.3.3 Poka-Yoke

Aos colaboradores é frequentemente solicitada a atenção e rigor ao processo relembrando que daqui poderão advir consequências graves. No entanto, é preciso ter em conta que um qualquer trabalhador não é uma máquina infalível e, portanto, está sujeito ao erro.

Um sistema poka-yoke possui duas funções principais: tem a capacidade de fazer cem por cento de inspeções e, caso seja detetado algum erro, informa imediatamente e atua sobre o problema. O objetivo é tornar os erros numa impossibilidade, garantindo que os equipamentos estão a funcionar nas condições indicadas e, consequentemente, o número de avarias e o número de defeitos do produto será reduzido. Caso o operador se esqueça de algum passo do procedimento, por exemplo, um aparelho envia um sinal que poderá ser visual ou sonoro para chamar a atenção de que algo foi negligenciado.

Os aparelhos poka-yoke são muito efetivos na resolução de erros e na prevenção dos mesmos (Shingo 1986).

2.3.4 "5 porquês?"

Esta ferramenta *lean* consiste em questionar 5 vezes o porquê de algo ter acontecido de maneira a que se consiga identificar a causa do problema e se previna o mesmo tipo de avaria no futuro. Embora pareça uma ferramenta simples de se utilizar, muitas vezes não é corretamente aplicada pois não se questionam as vezes suficientes para que se chegue ao cerne do problema. Quando surge um problema, a procura da causa deve ser aprofundada, uma vez que, só assim as ações a tomar resolverão o problema a longo prazo (Ohno 1988).

2.4 Indicadores de desempenho

A análise de dados é fundamental para se perceber o estado do funcionamento e se melhorar os aspetos menos bons. Esta análise de dados pode ser organizada gerando indicadores de desempenho que devem estar ligados à área em que se está a trabalhar, demonstrar o funcionamento atual e devem ser possíveis de se melhorar.

Segundo a norma (NP EN 15341 2009), os indicadores de desempenho podem ser económicos, técnicos ou organizacionais e permitem à organização fazer uma análise do estado, avaliar e comparar os desempenhos e controlar o progresso, caso sofra alterações ao longo do tempo. A análise dos indicadores ajuda no planeamento de estratégias e objetivos futuros.

Por diversas vezes a recolha de dados para a elaboração dos indicadores é bastante complicada, seja por erro humano, seja por falta de informação ou registo.

O projeto incide sobre melhorias técnicas na manutenção, assim, os indicadores de desempenho a determinar são indicadores técnicos. Quando se trata da manutenção, a consulta de sistemas de informação da empresa como o módulo SAP PM deverá ser onde os dados são mais credíveis e fiáveis. No entanto, nem sempre existem estes sistemas nas empresas e, mesmo que existam, a sua informação pode não estar correta devido à má introdução dos dados, ou ser muito limitada. Para contornar este problema pode inquirir-se os técnicos da manutenção tentando fazer um cruzamento da informação para verificar a sua veracidade ou perguntar diretamente quando não existem dados relativos ao tema. A informação recolhida diretamente dos técnicos poderá acarretar um elevado grau de erro pelo que deve ser tratada com especial cuidado.

Inicialmente, pode se determinar qual a taxa de manutenções preventivas, a taxa de manutenções corretivas e a taxa de cumprimento das manutenções preventivas apresentadas respetivamente pelas equações 2.4.1 até 2.4.3:

$$\frac{\textit{Ordens de trabalho preventivo}}{\textit{Total de ordens de trabalho}} \qquad \textbf{(2.4.1)}$$

$$\frac{\textit{Ordens de trabalho corretivo}}{\textit{Total de ordens de trabalho}} \qquad \textbf{(2.4.2)}$$

$$\frac{\textit{Tarefas de Manutenção Preventiva Realizadas}}{\textit{Tarefas de Manutenção Preventiva Agendadas}} \qquad \textbf{(2.4.3)}$$

Estes rácios demonstram como está a funcionar a manutenção na empresa e como se está a dividir a equipa da manutenção.

Existem ainda outros indicadores que se apresentam de seguida:

$$\boldsymbol{MTBF = \frac{Tempo\ em\ bom\ funcionamento}{Nº\ de\ falhas}} \qquad \textbf{(2.4.4)}$$

O MTBF (*Mean Time Between Failure*), apresentado pela equação 2.4.4, representa o tempo médio entre falhas de um equipamento. Quando se pretendem aplicar manutenções preventivas, este indicador é de valiosa utilidade pois o tempo entre substituições deverá ser inferior ao MTBF.

O cumprimento de todas as inspeções e substituições preventivas pode não ser possível, seja por falta de tempo ou de material. Portanto, determinar a percentagem de paragens causadas por peças que deveriam ter sido inspecionadas ou substituídas é importante para se perceber o impacto do não cumprimento destas ordens. Esta percentagem representa o número relativo de avarias que poderiam ser evitadas caso se cumprisse integralmente as ordens de manutenção preventiva.

As inspeções são parte fundamental da manutenção e o seu número deve ser adequado para que, por um lado, se detete um problema antes deste originar uma avaria e, por outro lado, não se perca tempo desnecessariamente com demasiadas inspeções. A taxa de ordens de manutenção geradas a partir de inspeções representa a utilidade das inspeções preventivas.

A manutenção autónoma pode ter um impacto significativa na organização pelo que determinar o tempo que os operadores dedicam à manutenção permite perceber o estado da manutenção autónoma e em que sentido se pode melhorar. O tempo dedicado à manutenção autónoma deve ser apresentado relativamente ao tempo dedicado à produção (Wireman 2005).

3 Apresentação do estado inicial

A produção na fábrica de litografia está dividida em três turnos diários e a estrutura de suporte trabalha em horário normal.

O projeto incide sobre o funcionamento e a manutenção das linhas convencionais (CV) pelo que estas serão abordadas em maior pormenor. No entanto, apresenta-se uma visão geral do funcionamento de toda a litografia pois as etapas que antecedem as linhas CV, assim como as posteriores, têm implicações no funcionamento das mesmas.

Na Figura 7 apresenta-se um modelo do processo produtivo na litografia.

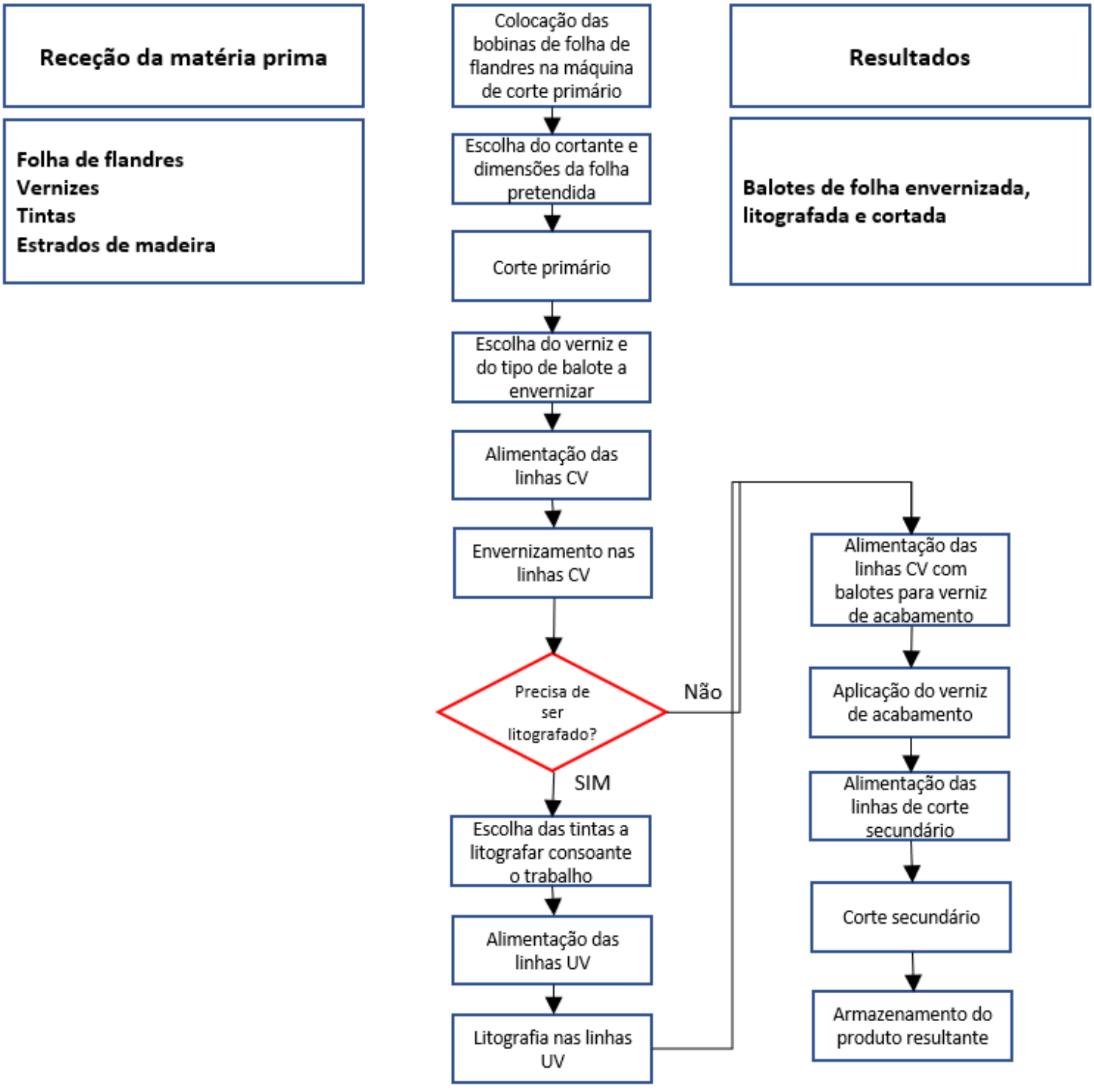


Figura 7 - Processo produtivo na litografia

3.1 Processo produtivo na secção da litografia

A litografia é uma fábrica pertencente à área de *Metal Packaging* da Colep e desempenha um papel fundamental na produção de embalagens metálicas pois encontra-se no início do processo produtivo e, caso os procedimentos e a qualidade não sejam assegurados, existirão implicações nas operações seguintes de produção. Para além de fornecer as secções de montagem e estampagem da Colep – Vale de Cambra, a litografia fornece ainda as fábricas da Colep de Navarra (Espanha) e Klezcow (Polónia), o que faz com que o grau de exigência dos procedimentos e operações seja ainda maior.

A matéria-prima utilizada é a folha de flandres que é composta por aço, responsável pela rigidez do material, e estanho que evita a corrosão e a ferrugem. Pela sua alta resistência, maleabilidade e capacidade de vedação, é o material indicado para o fabrico de embalagens metálicas para produtos alimentares, cosméticos, de higiene ou outras substâncias. Esta matéria-prima é fornecida em bobinas de diferentes tamanhos que alimentam a máquina de corte primário.

A litografia está dividida em quatro áreas: corte primário, linhas CV, linhas UV e, por último, o corte secundário.

3.1.1 Corte primário

A primeira fase do processo produtivo é o corte primário. Nesta fase, a bobina é colocada no alimentador da máquina de corte onde é desbobinada, cortada em folhas e empilhada para que possa seguir para a próxima área. A Figura 8 apresenta a linha de corte primário.

Figura 8 - Linha de corte primário

Dependendo da finalidade da folha e utilizando diferentes cortantes, as folhas têm variadas dimensões e, como se apresenta na Figura 9, dois tipos de formato: folhas de corte em formato reto e em formato *scroll*. Os formatos *scroll* têm ainda algumas variações nas dimensões consoante sejam para tampos de embalagens de grandes ou pequenos tamanhos. A razão para estes diferentes formatos tem que ver com a redução do desperdício, assim, o corte reto é geralmente utilizado para a produção dos corpos das embalagens metálicas enquanto que o corte em formato *scroll* é utilizado para a produção de componentes como os fundos e as cúpulas das embalagens de aerossóis, por exemplo.

Figura 9 - Folhas com formato reto (esquerda) e formato *scroll* (direita)

3.1.2 Linhas CV

Após o corte primário, os balotes de folha virgem seguem para as linhas de envernizamento, conhecidas por linhas CV (linhas convencionais).

Nas linhas CV aplicam-se diferentes vernizes consoante a finalidade, que têm como função:

- Proteger o interior da embalagem da corrosão provocada pelo produto;
- Proteger o produto da contaminação pelo metal;
- Proteger a embalagem do meio exterior;
- Permitir que as embalagens sejam litografadas;
- Ajudar a alcançar as propriedades mecânicas necessárias.

Nas embalagens metálicas, o verniz aplicado deve garantir maior resistência à corrosão, à abrasão e deve ajudar na selagem, cumprindo todos os requisitos ambientais exigidos. No caso de os envernizamentos não estarem a cumprir a sua função, a embalagem é dada como defeituosa.

A fábrica dispõe de várias linhas CV sendo que uma delas é uma mistura entre as linhas UV e CV porque tem a capacidade de imprimir duas cores e de aplicar o envernizamento de seguida, sendo útil em casos em que, por alguma razão, seria necessário passar as folhas duas vezes nas linhas UV. As restantes linhas, embora tenham algumas diferenças devido a algumas serem mais recentes ou terem sofrido determinados *upgrades*, têm o mesmo princípio de funcionamento. Em cada linha há um envernizador que controla toda a zona à entrada da linha e uma pessoa no fundo da linha, responsável, sobretudo, por descarregar os balotes de folha. A linha E, sendo a linha mais recente, é uma linha semiautomática, ou seja, o envernizador introduz os dados sobre o formato e dimensões, e os ajustes e afinações são feitos automaticamente enquanto que nas restantes linhas as afinações dos equipamentos são realizadas pelos operadores.

As imagens dos equipamentos apresentados são pertencentes à linha mais recente e que contém as soluções mais inovadoras. Na Figura 10, apresenta-se uma imagem esquemática do funcionamento de uma linha de envernizamento.

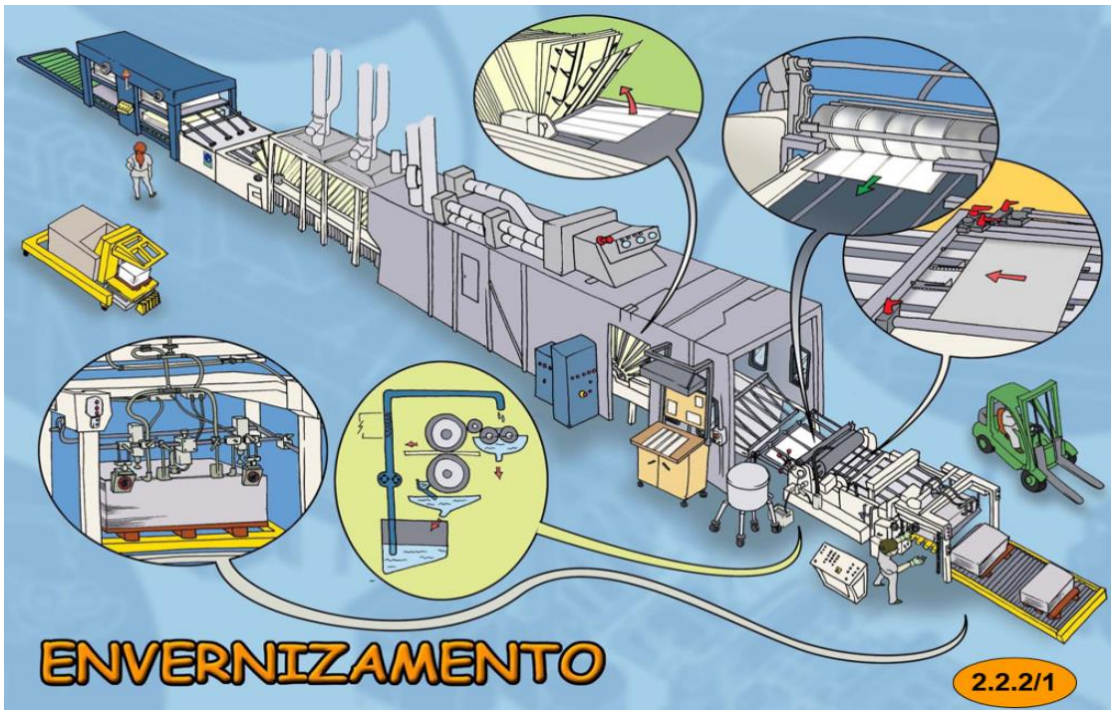


Figura 10 - Imagem esquemática duma linha CV (Fonte: COLEP)

As linhas de envernizamento têm cerca de 70 metros de comprimento para permitir uma maior quantidade de folhas a ser polimerizadas ao mesmo tempo nos fornos e são compostas por:

Alimentador de folha em contínuo - este equipamento apenas existe na linha mais recente e foi pensado para que houvesse uma alimentação contínua da linha. Quando o balote de folhas que está a alimentar a linha está prestes a terminar, este sistema mantém o resto do balote na zona de alimentação enquanto a plataforma elevatória principal de alimentação recebe um novo balote. Desta forma, quando o balote terminar, há já um outro balote na posição para reiniciar a alimentação da linha. Pode se ver o alimentador de folha em contínuo na Figura 11;

Figura 11 - Alimentador (à esquerda) e alimentador de folha em contínuo (à direita)

Alimentador – é responsável pela alimentação da linha com folhas, uma a uma. A partir do vácuo nas ventosas, estas agarram a folha que se encontra no topo do balote separando-a das restantes e alimenta a linha. Recorrendo a sensores, há uma sincronização entre a plataforma elevatória do balote e as ventosas de maneira a que as ventosas estejam à distância adequado do topo do balote. Ainda na Figura 11 apresenta-se o alimentador;

Flamejador – os flamejadores produzem uma chama e, quando se está a fazer o envernizamento de folha virgem, os flamejadores são ligados para que se eliminem as gorduras, impurezas e humidade, resultando num envernizamento com menos defeitos;

Envernizadora (Figura 12) – dependendo da finalidade são utilizados diferentes vernizes e rolos cilíndricos que aplicarão um verniz à folha.

Figura 12 - Envernizadora

É de extrema importância que não se aplique verniz nas zonas onde a embalagem metálica será soldada, daí as reservas nos rolos cilíndricos, pelo que há um contínuo controlo do envernizamento. Na oficina dos mecânicos, há uma pessoa dedicada a abrir estas ranhuras, a retificar os rolos e a retificar as facas. As facas são peças em nylon ou aço que têm como função remover o verniz do rolo cilíndrico metálico da envernizadora para evitar que a parte traseira da folha seja também envernizada. Existem outros casos em que se tem que abrir as ranhuras dos rolos cilíndricos manualmente por serem para soluções mais incomuns. Na Figura 13 apresentam-se apenas alguns exemplos dos rolos utilizados embora existam dezenas de rolos diferentes;

Figura 13 - Diferentes rolos utilizados na envernizadora

SMS (*Sheet Manager System*) – para controlo do envernizamento, o SMS é um espaço onde o operador da linha pode recolher uma folha com segurança para ser analisada;

Carregador do forno – é responsável por carregar as folhas nos garfos do forno. Na Figura 14, o carregador do forno é constituído por correias cilíndricas que transportam a folha para o forno. Esta solução é a que proporciona um menor índice de produtos defeituosos pois a zona de contacto entre o transportador e a folha é menor e, como após alguns trabalhos estas tubagens ficam com algum verniz, a probabilidade de o transportador contaminar as folhas posteriormente é reduzida. Nesta zona tem que haver um sincronismo entre o posicionamento da folha e os garfos do forno para evitar encravamentos sendo que, para isso, existe uma bomba de vácuo que evita que existam escorregamentos entre as correias e a folha;

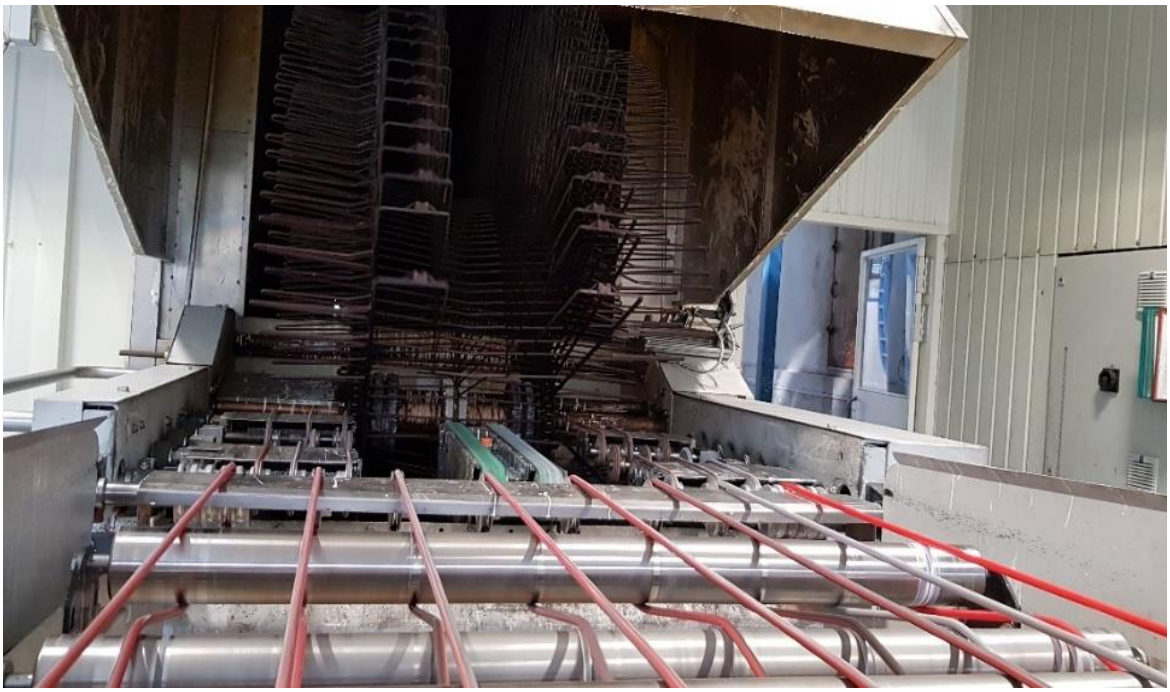


Figura 14 - Carregador do forno

Forno (Figura 15) – é o responsável pela cura do verniz. O processo de cura no interior do forno começa pela formação de uma película de revestimento e pela evaporação dos solventes. Na fase seguinte ocorre a polimerização que é um processo químico onde acontece uma reação de ligação cruzada dos polímeros existentes no verniz. Quando esta reação acontece, o verniz atinge as suas melhores propriedades de resistência química e mecânica.

A cura dos vernizes acontece segundo condições específicas de tempo e temperatura que variam consoante o verniz. O processo de cura está dividido em três fases principais em que, na primeira fase, se leva as folhas a atingir a temperatura máxima do metal, na segunda fase mantem-se essa temperatura e, na terceira fase ocorre o arrefecimento das folhas (Colep 2015). A cadência produtiva de cada trabalho nas linhas CV dependerá, assim, do comprimento do forno e do tempo de cura necessário;

Figura 15 - Forno

Cabine de lavagem (Figura 16) – No processo de cura do verniz há solventes no ar libertados do forno e, ao fim de um determinado tempo, há resíduos nos garfos que devem ser lavados. A lavagem dos garfos é realizada na cabine de lavagem e deve ser efetuada quando a linha não está em produção para que os garfos sequem e não contaminem as folhas;

Transportador de descarga – responsável pela descarga das folhas do forno e pelo transporte destas até ao descarregador. Os operadores de fundo de linha devem prestar especial atenção nesta zona, apresentada na Figura 16 à direita, para que se evitem encravamentos;

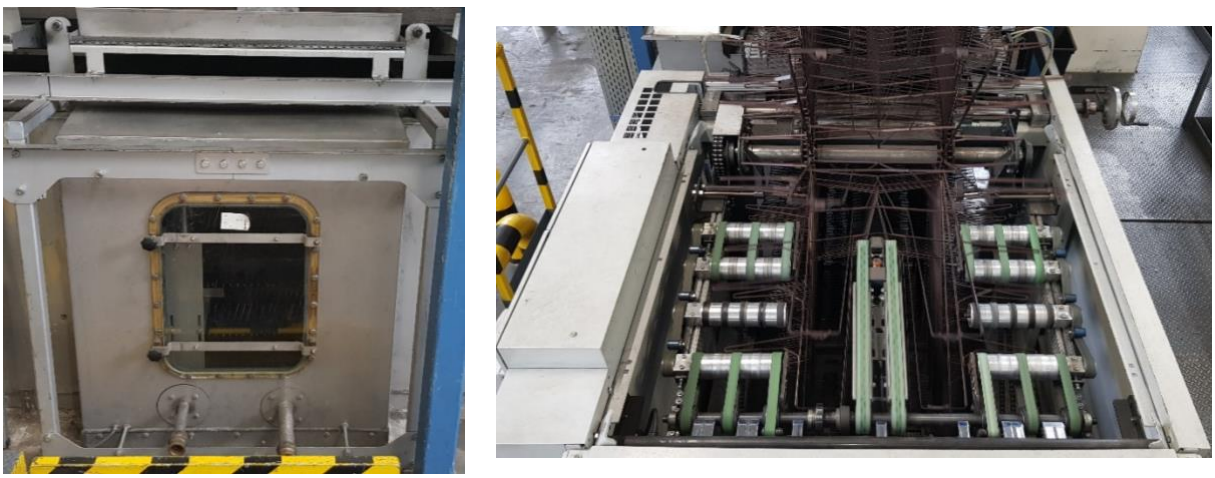


Figura 16 - Cabine de lavagem (à esquerda) e transportador de descarga (à direita)

Descarregador – Na Figura 17 apresenta-se um descarregador de folha duplo mas, consoante a linha, podem ser descarregadores de folhas duplos ou simples. Para evitar problemas em trabalhos futuros é importante que as folhas estejam perfeitamente alinhadas e empilhadas;

Figura 17 - Descarregador duplo

Incinerador – tem como função queimar o solvente evaporado e proveniente da cura do verniz. O objetivo é diminuir a emissão de poluentes para a atmosfera resultantes do processo de envernizamento. A linha mais recente possui um incinerador individual enquanto que as restantes linhas têm um incinerador em comum localizado no exterior da fábrica.

3.1.3 Linhas UV

As linhas UltraVioleta, assim conhecidas pela utilização de lâmpadas ultravioleta para a secagem da tinta, são utilizadas para fazer a impressão na folha e correspondem à próxima fase do processo produtivo na litografia.

As linhas são constituídas por um alimentador, por rolos impressores, por um sistema de molha, por um sistema de secagem usando lâmpadas ultravioleta, por transportadores e pelo descarregador. Na Figura 18 apresenta-se uma imagem esquemática do processo produtivo nas linhas UV.

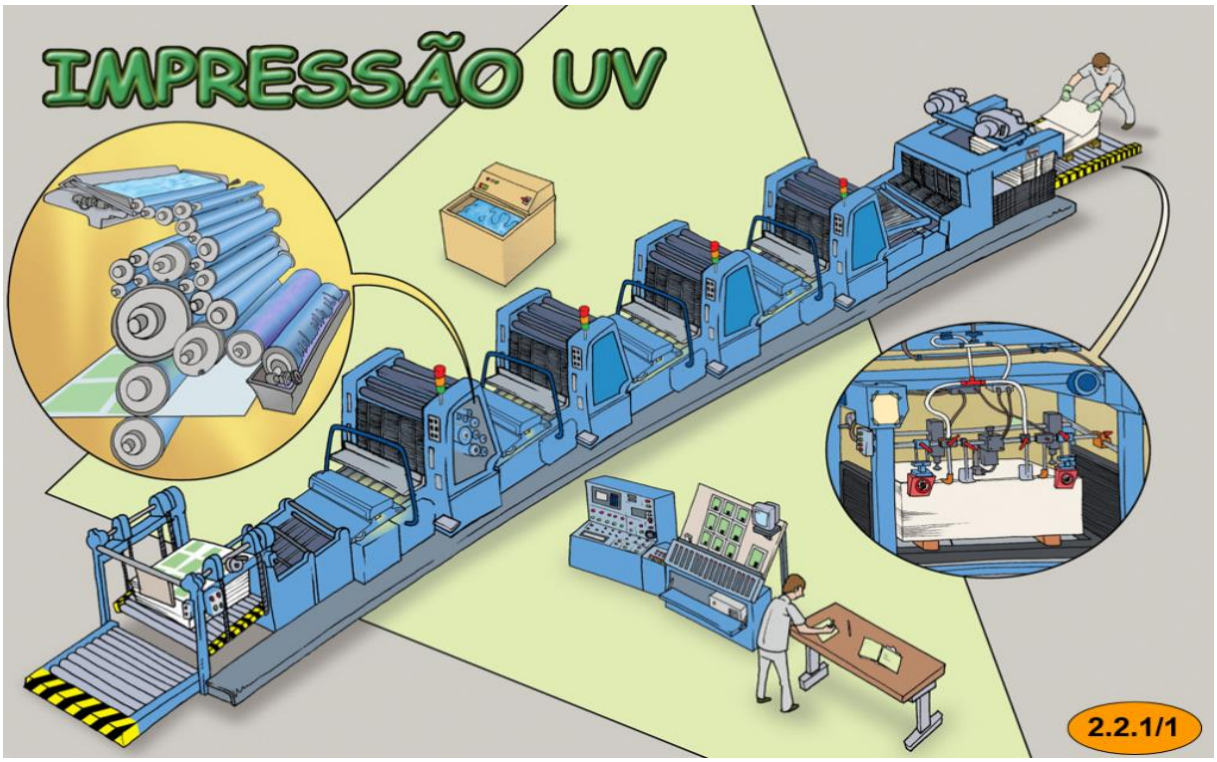


Figura 18 - Imagem esquemática duma linha UV (Fonte: COLEP)

O processo de impressão utilizado é a impressão *offset* que se baseia essencialmente no equilíbrio de água e tinta. Neste processo, a tinta passa por uma série de rolos sendo a impressão indireta.

A impressão *offset* tem várias etapas, começando pela pré-impressão que é uma fase em que a chapa fotossensível é sensibilizada com um laser para registar as gravações que se pretendem obter. Depois de registado, a chapa recebe um banho químico para eliminar possíveis resíduos.

Na fase seguinte, a chapa é colocada no cilindro de transporte onde se forma a primeira imagem. A tinta adere aos locais onde a chapa foi sensibilizada e, quando em contacto com a molha, a água é repelida dos espaços com tinta. A imagem obtida é transferida para o cilindro cauchu que, por sua vez, a imprime na folha por contacto. A folha a imprimir passa por entre o cilindro cauchu e o cilindro impressor que a transporta.

Cada cabeça de impressão tem capacidade para imprimir apenas uma cor e como o número de cabeças de impressão por linha é limitado, trabalhos mais elaborados podem exigir que a folha passe mais que uma vez na linha UV (Stilgraf 2018). Para a formação da cor, cada cabeça de impressão imprime pontos de cor com uma direção e sentido consoante o resultado que se pretenda obter.

A Figura 19 apresenta um exemplo do resultado na folha à saída da linha UV.

Figura 19 - Exemplo de um balote de folhas litografadas

3.1.4 Corte secundário

Por último, ainda pertencente à fábrica da litografia, está a área do corte secundário onde se procede ao corte das folhas já litografadas e envernizadas. Esta área possui diversas linhas sendo que algumas são dedicadas a formatos de corpos de embalagens de aerossóis, outras são linhas de corte de tira reta e formatos grandes e as restantes são linhas com um cortante para o corte em *scroll* que difere do corte primário pois, enquanto que no corte primário a folha é cortada longitudinalmente, no corte secundário faz-se o formato em *scroll* transversalmente.

O corte em *scroll* é feito por estampagem enquanto que o corte de corpos de embalagens e de tira reta utilizado é o corte em tesoura que consiste em dois discos dispostos lado a lado terem uma diferença de alturas e, quando a folha passa por entre os discos, esta é cortada. A orientação da rebarba no corte depende da posição destes discos e deve ser tida em conta para a soldadura nas fases seguintes.

O resultado à saída de uma linha de corte secundário com o cortante de formato *scroll* pode ser observado na Figura 20 à esquerda enquanto que à direita se demonstra o resultado de uma linha dedicada a produzir formatos de corpos de embalagens de aerossóis.

Figura 20 - Folhas usadas para cúpulas e fundos (à esquerda) e corpos de embalagens de aerossóis (à direita)

3.2 Documentação e registos

A aquisição de dados é fundamental para analisar e avaliar o estado atual de qualquer empresa. A documentação e os registos são, portanto, essenciais e devem estar bem organizados e estruturados para que o seu preenchimento não suscite dúvidas e seja fiável.

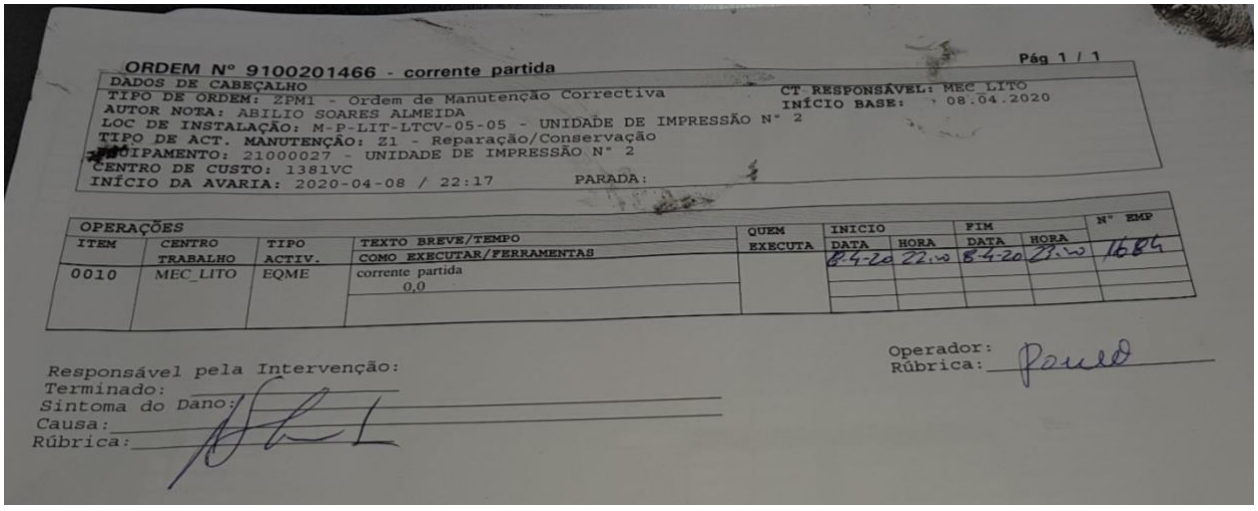
A análise do estado da manutenção é muito dependente dos dados que o histórico dos registos apresenta, logo, deve formar-se os colaboradores para o correto preenchimento dos documentos e procurar que estes forneçam a maior quantidade possível de dados a partir de um preenchimento simples.

3.2.1 Registo das manutenções corretivas

Nas linhas CV, caso estas deixem de funcionar ou não estejam a operar devidamente, a equipa da manutenção é chamada. Se os técnicos identificarem rapidamente o problema e o solucionem sem que a linha tenha que parar, muitas vezes nem se efetua qualquer registo do acontecimento. Na eventualidade da máquina ter que parar por um período de tempo, cada linha tem um computador e os operadores devem criar uma nota de manutenção corretiva no sistema SAP dizendo em que equipamento é que acreditam que está o problema e fazendo uma breve descrição do mesmo.

O sistema regista a hora em que a nota foi criada pelo operador e a hora em que foi fechada pela equipa de manutenção. No entanto, estes dados não são muito fiáveis porque muitas vezes as notas são criadas já depois do problema estar resolvido e são fechadas quando a equipa de manutenção tem disponibilidade, o que pode até ser uns dias depois do trabalho ter sido realizado. Para além disso, o registo por parte dos operadores da linha atribui o problema a um determinado equipamento quando, depois de verificado, esse não é o equipamento problemático, mas sim um outro que iludiu os operadores em erro.

Embora haja um sistema informático, também é feito um arquivo em papel de todas as ordens de manutenção.



ORDEM Nº 9100201466 - corrente partida Pág 1 / 1

DADOS DE CABEÇALHO
TIPO DE ORDEM: ZPM1 - Ordem de Manutenção Correctiva
AUTOR NOTA: ABILIO SOARES ALMEIDA
LOC DE INSTALAÇÃO: M-P-LIT-LTCV-05-05 - UNIDADE DE IMPRESSÃO Nº 2
TIPO DE ACT. MANUTENÇÃO: Z1 - Reparação/Conservação
EQUIPAMENTO: 21000027 - UNIDADE DE IMPRESSÃO Nº 2
CENTRO DE CUSTO: 1381VC
INÍCIO DA AVARIA: 2020-04-08 / 22:17 PARADA:
CT RESPONSÁVEL: MEC_LITO
INÍCIO BASE: 08.04.2020

OPERAÇÕES				QUEM	INICIO		FIM		Nº EMP
ITEM	CENTRO TRABALHO	TIPO ACTIV.	TEXTO BREVE/TEMPO COMO EXECUTAR/FERRAMENTAS	EXECUTA	DATA	HORA	DATA	HORA	
0010	MEC_LITO	EQME	corrente partida 0,0		8-4-20	22:00	8-4-20	23:00	1664

Responsável pela Intervenção:
Terminado:
Sintoma do Dano:
Causa:
Rúbrica:

Operador:
Rúbrica:

Figura 21 - Ordem de manutenção corretiva

Na Figura 21 apresenta-se uma ordem de manutenção corretiva. Segundo esta ordem, uma corrente partiu numa das linhas CV e a sua avaria foi registada às 22h17 do dia 8 de abril de 2020. Embora aparentemente tenha sido uma avaria simples, o responsável pela intervenção preencheu que tinha começado a intervenção as 22h e terminado às 23h. Esta ordem, embora recolhida aleatoriamente, demonstra que há uma grande margem de erro no preenchimento das horas relativamente à manutenção.

3.2.2 Registo das Intervenções de Manutenção Preventiva

As ordens de manutenção preventiva são geradas automaticamente pelo sistema SAP conforme a periodicidade definida previamente e colocada no sistema.

Excetuando a linha mais recente por ainda não se ter incluído as ordens de manutenção preventiva no sistema, todas as outras linhas CV têm ordens de manutenção preventivas geradas automaticamente. Verificou-se que algumas das ordens que continuam a ser geradas estão desatualizadas pois alguns equipamentos sofreram alterações que mudaram o seu funcionamento e necessidades fazendo com que essas ordens deixassem de fazer sentido.

Na Figura 22 encontra-se um exemplo de um conjunto de ordens relativas a uma semana que é entregue pelo chefe de manutenção aos técnicos para que estes realizam as intervenções de manutenção preventiva.

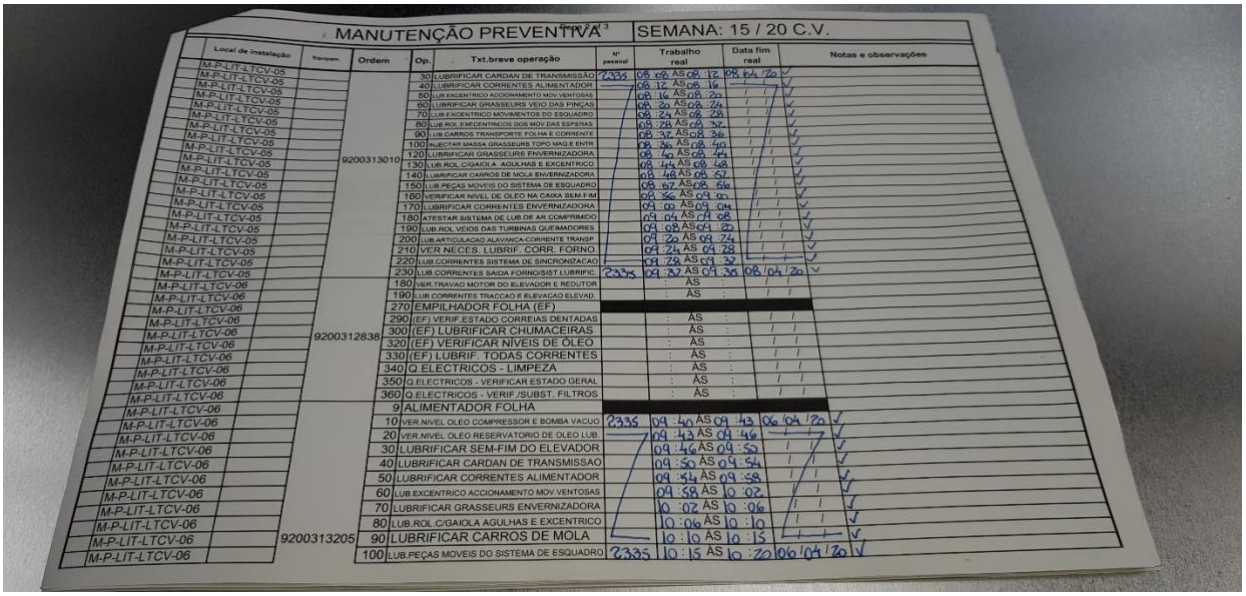


Figura 22 - Ordens de manutenção preventiva

Como se pode observar, a partir do código do local de instalação, o pessoal dedicado identifica a linha a que a ordem se refere. Utilizando como exemplo o código M-P-LIT-LTCV-AA, este refere-se ao local onde se deve fazer a manutenção preventiva e deve ser lido como: M- fábrica das metálicas, P- Portugal, LIT- Litografia, LTCV- Linhas convencionais, AA - linha A.

Embora o local de instalação informe sobre a linha em que se deve atuar, o equipamento da linha em que se deve intervencionar não está bem definido. Este registo contempla ainda a hora de início e fim da tarefa, mas esta não é corretamente preenchida. Pegando novamente no exemplo da Figura 22, os técnicos atribuíram 4 minutos ao tempo de realização independentemente da tarefa. Quando a tarefa não é realizada, não há o preenchimento dessa tarefa.

Embora existam as ordens de manutenção preventivas automáticas, há ainda algumas ordens que são introduzidas manualmente no sistema. Estas ordens são originadas pelas inspeções levadas a cabo pelos técnicos, assim como pelo conhecimento acumulado sobre um determinado equipamento que já está a trabalhar há muito tempo.

3.3 Análise do desempenho da manutenção

A fábrica trabalha em 3 turnos diários e tem ainda colaboradores em horário normal, portanto, a equipa de manutenção tem 1 mecânico por turno, 2 mecânicos em horário normal, 1 pessoa dedicada a retificar rolos, abertura de reservas e retificação de facas e, por fim, 1 eletricista em horário normal.

Os indicadores da manutenção demonstram como se tem distribuído o trabalho e o tempo do pessoal dedicado, assim como o que deve ser melhorado ou repensado. A análise do desempenho da manutenção é baseada nos resultados obtidos a partir destes indicadores.

O levantamento dos dados para a sua realização foi feito a partir dos dados existentes no módulo SAP e segundo informações recolhidas dos colaboradores. Para que a amostra fosse maior e o mais fiável possível, a recolha de dados referentes às ordens de trabalho preventivo e corretivo, assim como as tarefas de manutenção preventivas agendadas e realizadas, foi realizada no intervalo desde o início de 2017 até à semana 8 de 2020. De notar que a linha E foi instalada em meados de 2018 e, por essa razão, os dados adquiridos não estão no mesmo intervalo de tempo que as restantes linhas e ainda não tem manutenções preventivas geradas automaticamente. A razão pela qual o estudo contempla apenas as primeiras 8 semanas de 2020 prende-se com o facto de esse ter sido o tempo decorrido quando se procedeu ao levantamento dos dados.

No Anexo A apresenta-se o número de tarefas de manutenção preventivas agendadas e realizadas por ano, assim como a taxa de cumprimento das manutenções preventivas. No gráfico da Figura 23 observa-se que embora esta taxa de cumprimento deva rondar os 90%, isso apenas se tem verificado nas primeiras 8 semanas de 2020. Nos restantes anos, independentemente da linha de produção que se esteja a considerar, a taxa de cumprimento está aquém do desejável.

$$\textbf{Taxa de cumprimento} = \frac{\textbf{Tarefas de Manutenção Preventiva Realizadas}}{\textbf{Tarefas de Manutenção Preventiva Agendadas}}$$

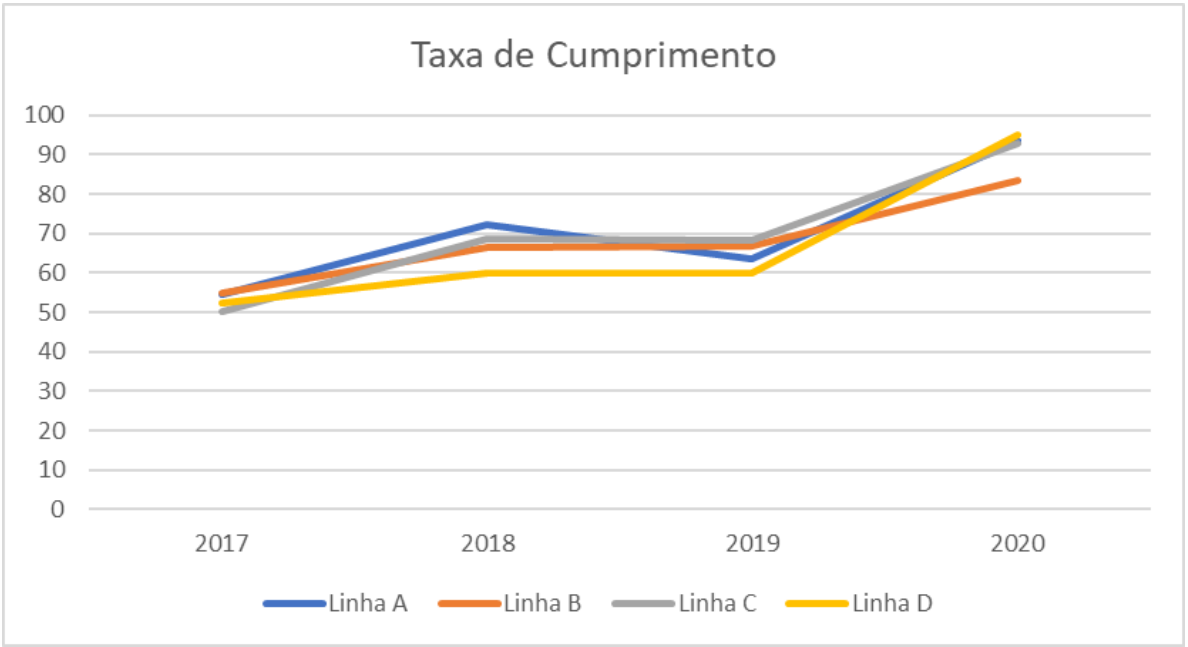


Figura 23 - Taxa de cumprimento das manutenções preventivas

No Anexo B apresenta-se o número total de ordens de trabalho corretivo por linha, assim como o número total de ordens de trabalho preventivo realizadas no período considerado, e para a obtenção destes valores recorreu-se ao módulo SAP. Portanto, pode severificar que o total de ordens de trabalho corretivo foi de 1914 enquanto que o total de ordens de trabalho preventivo realizadas foi de 6428. O somatório de ambos representa o total de ordens de trabalho e perfaz 8342. As ordens de trabalho preventivo realizadas da linha E são unicamente ordens inseridas manualmente e, portanto, pouco expressivas.

A equação 3.3.1 e 3.3.2 demonstram como se tem distribuído o trabalho da equipa de manutenção entre as ordens corretivas e preventivas.

$$\frac{\boldsymbol{Ordens\ de\ trabalho\ preventivo}}{\boldsymbol{Total\ de\ ordens\ de\ trabalho}} = \frac{\mathbf{6428}}{\mathbf{8342}} = \mathbf{77,1}\ \% \qquad \textbf{(3.3.1)}$$

$$\frac{\boldsymbol{Ordens\ de\ trabalho\ corretivo}}{\boldsymbol{Total\ de\ ordens\ de\ trabalho}} = \frac{\mathbf{1914}}{\mathbf{8342}} = \mathbf{22,9}\% \qquad \textbf{(3.3.2)}$$

Embora o resultado demonstre que há mais ordens de trabalho preventivo comparando com as de trabalho corretivo, este valor deve ser analisado com precaução pois algumas ordens de trabalho preventivo são apenas verificações ou pequenas lubrificações simples, enquanto que as ordens de trabalho corretivo se referem mais a substituições de peças. O tempo não foi utilizado como unidade de análise devido ao incorreto preenchimento dos registos, no entanto, os responsáveis da manutenção acreditam que o tempo dedicado ao conserto e reparação de equipamentos seja superior ao tempo utilizado para as intervenções preventivas.

No Anexo C encontra-se a tabela com o número de avarias por equipamento no período de tempo considerado para as linhas A, B, C e E, enquanto que no Anexo D se apresenta a tabela para a linha D. Os equipamentos mais problemáticos variam de linha para linha, mas, de uma maneira geral, a envernizadora, seguida pelo alimentador, são os equipamentos mais críticos das linhas convencionais. O transportador até à envernizadora, o transportador de descarga e o carregador do forno também apresentam um número considerável de manutenções corretivas, no entanto, após uma análise mais minuciosa, percebeu-se que a maior parte destas manutenções corretivas eram simplesmente a substituição das correias transportadoras que é uma tarefa rápida e simples e, caso os mecânicos não tenham disponibilidade, pode ser realizada pelos operadores da linha. Esta substituição também pode ocorrer preventivamente caso a equipa de manutenção verifique que as correias estão desgastadas ou com folga. A Figura 24 apresenta o diagrama de Pareto das avarias da linha A. Os diagramas correspondentes às linhas E,B e C podem ser observados no Anexo E.

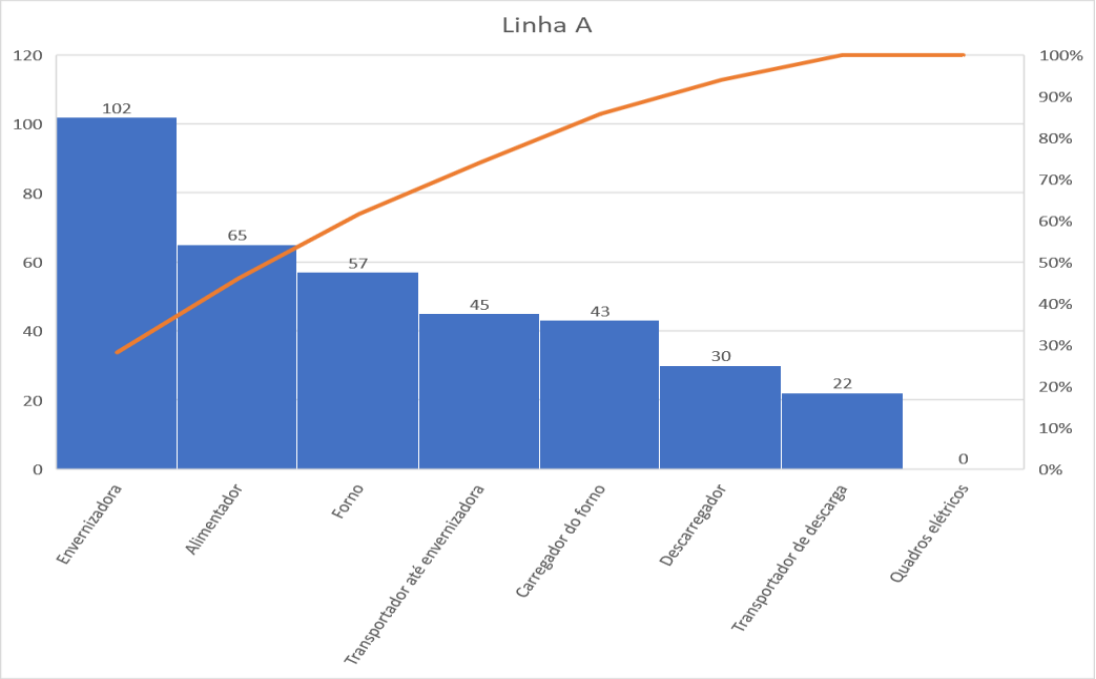


Figura 24 - Diagrama de Pareto das avarias da linha A

Como a envernizadora era o equipamento com o maior número de avarias, investigou-se qual a razão ou razões para que isso acontecesse. A análise realizada aos registos de avarias da envernizadora não foi conclusiva já que, na descrição da avaria, por variadas vezes se verificou que apenas referiam que tinha existido um problema na envernizadora mas sem especificar o tipo (possivelmente porque quando os operadores abriram a ordem de manutenção não sabiam ainda qual era a causa do problema).

Após uma breve investigação, descobriu-se qual seria o principal motivo: no ajuste da folha para que esta fique centrada e o verniz seja corretamente aplicado, se o sistema que funciona à base de guias de batentes estiver com folgas ou com uma má calibração, a folha ficará desajustada à entrada da envernizadora, o que provoca encravamentos. O sistema responsável pelo posicionamento, denominado de sistema de esquadria, exige rigor e precisão ao operador da linha para que funcione devidamente. Para além do mau funcionamento do sistema de esquadria, o alimentador de folhas pode ser o responsável pelo mau posicionamento da folha à entrada da envernizadora caso esteja a operar defeituosamente. Em ambos os casos, é necessário que mecânicos e operadores façam uma correta calibração dos sistemas e que inspecionem regularmente o seu funcionamento.

No empilhamento das folhas nas operações anteriores ao envernizamento pode acontecer que fique uma folha com vincos no meio do balote que, mais tarde, também pode provocar encravamentos. Como o peso das folhas sobrepostas é elevado, os balotes podem avançar no processo produtivo e passa a ser responsabilidade dos operadores das linhas de envernizamento verificarem o estado das folhas. Quando o balote começar a alimentar a linha CV diminuindo o número de folhas sobrepostas à danificada até ao aceitável pela capacidade humana, o operador deve retirar a folha e prosseguir o trabalho. No entanto, e naturalmente, essa folha danificada pode passar despercebida aos operadores e não ficar retida no sistema de rejeição de folha danificada à entrada da envernizadora pelo que, quando esta tenta passar por entre os rolos da envernizadora, provoca encravamentos que são avarias consideradas graves.

A linha D foi analisada individualmente já que, para além de envernizar, tem ainda a capacidade de imprimir pelo que possui um maior número de equipamentos. Na Figura 25 exibe-se o diagrama de Pareto das avarias da linha D.

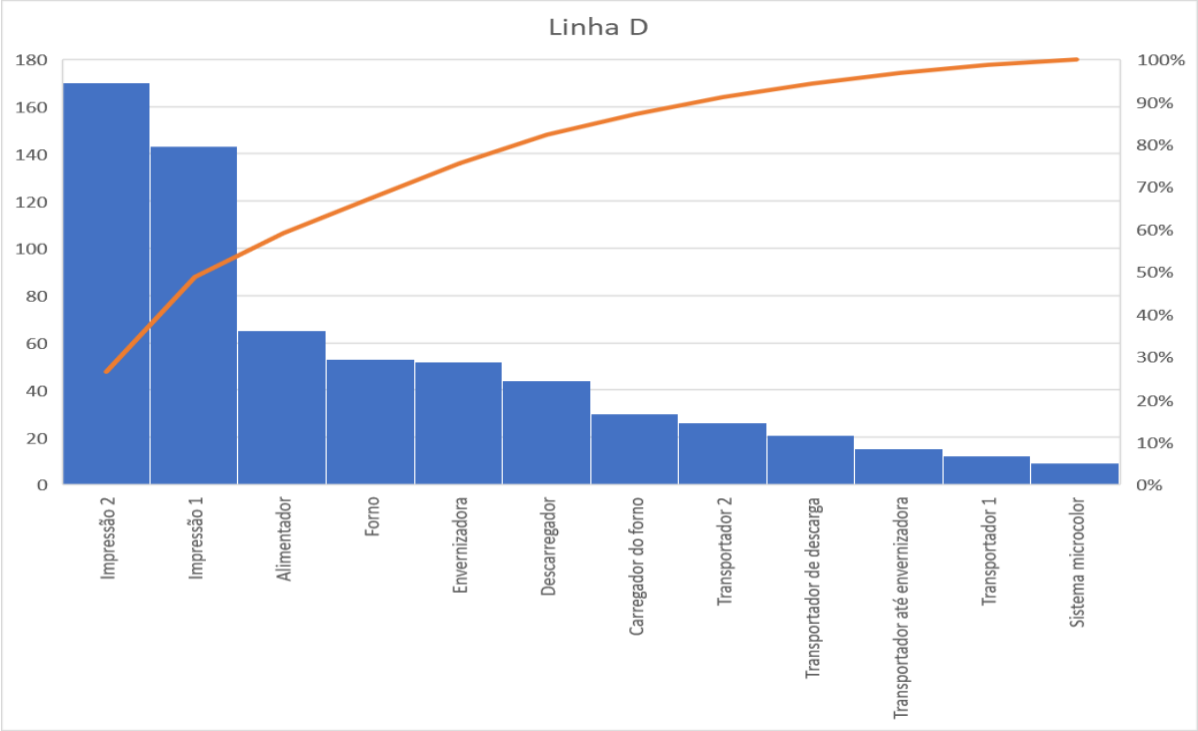


Figura 25 - Diagrama de Pareto das avarias da linha D

Na linha D, as duas cabeças de impressão existentes são os equipamentos que mais falhas originam. Este resultado é expectável pois, acrescentando ao facto de os sistemas de impressão serem complexos e exigirem rigor e minúcia, estes sofrem do mesmo problema explicado anteriormente para a envernizadora.

Aquando da análise do número de avarias e do seu tipo e questionando os responsáveis da área da manutenção, percebeu-se que a maior parte dos equipamentos avaria por erro humano, mas existem alguns casos em que o tempo de funcionamento do equipamento influencia o seu bom estado. Como se referiu anteriormente, as correias de transporte são um exemplo em que se criam ordens de substituição preventiva dependendo do estado das mesmas.

Algumas das ordens de manutenção preventiva são a inspeção e verificação do estado de um bem. Por vezes, estas inspeções podem não ser realizadas por falta de tempo ou outro motivo e, em última análise, podem provocar paragens nas máquinas que poderiam ter sido evitadas caso as inspeções fossem cumpridas. Assim sendo, questionou-se os mecânicos e o eletricista sobre a percentagem de paragens causadas por peças que deveriam ter sido inspecionadas ou substituídas. Relativamente a este ponto, quanto à parte elétrica, esta percentagem deveria ser de cerca de 1% enquanto que quanto à parte mecânico consideraram que esta percentagem era inferior a 1%.

Ainda no seguimento das inspeções, para se entender o impacto das mesmas, questionou-se a equipa de manutenção sobre a percentagem de ordens de manutenção geradas depois de se inspecionar um equipamento face a todas as ordens realizadas. A equipa da manutenção, do turno da manhã e em horário normal considerou que a percentagem era de aproximadamente 30% como está explicitado na equação 3.3.3.

$$\frac{\textbf{Nº de ordens geradas depois de se inspecionar um equipamento}}{\textbf{Nº total de ordens geradas}} = 30\% \quad \textbf{(3.3.3)}$$

O conhecimento que os operadores adquirem a partir do contínuo contacto com as máquinas com que trabalham permite-lhes fazer um rápido diagnóstico do estado da máquina e reportar aos mecânicos. Esse conhecimento associado a pequenas tarefas de limpeza e lubrificação representam a manutenção autónoma e pode ter um grande impacto no prolongamento da vida útil dos equipamentos. Tendo isso em mente, procurou se perceber quantas horas é que os operadores das linhas dedicam, por semana, a pequenas tarefas de manutenção.

Após se inquirir o responsável de produção da litografia, constatou-se que a única manutenção que as equipas de produção realizam é a limpeza das linhas, de alguns dos seus equipamentos e dos corredores adjacentes, que ocorre no último turno de cada semana e tem uma duração aproximada de 2 horas e 30 min por cada máquina. Para além desta tarefa de limpeza, caso exista alguma manutenção programada, os colaboradores dessa linha podem auxiliar em tarefas mais simples como a limpeza ou tarefas não especializadas.

Ainda sobre o mesmo tema, durante o tempo despendido no chão de fábrica, observou-se que quando os operadores verificam que a máquina não está a operar em perfeitas condições, estes informam os técnicos para que se verifique o porquê e como solucionar, exercendo assim uma inspeção contínua sobre o correto funcionamento da linha.

4 Soluções propostas

Neste capítulo pretende se expor as ideias e propostas de solução que foram surgindo durante o período em que se trabalhou de perto com o dia-a-dia da manutenção e tendo em conta os resultados que se foram obtendo das análises ao estado da manutenção. Outras propostas de solução foram surgindo e discutidas com os responsáveis, mas, ou a empresa já tinha projetos em desenvolvimento no mesmo sentido ou não eram aplicáveis ao contexto interno da litografia.

4.1 Definição do plano de manutenção preventiva para a linha E

A realização de tarefas de manutenção preventiva pode evitar futuras falhas ou avarias e potenciar a duração de uma máquina ou equipamento.

A linha convencional E foi instalada em meados de 2018 e, sendo uma linha recente, ainda não tem um plano de manutenção preventiva definido e estruturado. Desta forma, o plano a criar deverá seguir as recomendações do fabricante, mas, primeiramente, deverão ser filtradas pelos responsáveis pela manutenção para verificar se a tarefa e a sua periocidade são adequadas ao equipamento ou se se referem a equipamentos opcionais, por exemplo.

A escala temporal apresentada pelo fabricante é em horas de serviço do equipamento, no entanto, a programação das tarefas na litografia está definida noutra unidade de tempo. Para contornar esta situação, começou por se converter a escala temporal da seguinte forma:

- 100 horas de serviço equivale a uma periodicidade semanal;
- 200 horas de serviço equivale a uma periodicidade quinzenal;
- 500 horas de serviço equivale a uma periodicidade mensal;
- 1000 horas de serviço equivale a uma periodicidade de 2 em 2 meses;
- 5000 horas de serviço equivale a uma periocidade anual;
- 10000 horas de serviço equivale a uma periodicidade bienal;
- Outros valores de horas de serviço menos frequentes foram convertidos em proporcionalidade com os valores anteriores.

Em seguida, algumas das tarefas de manutenção propostas pelo fabricante, como a verificação do funcionamento do painel de controlo da linha, são da responsabilidade da produção e não devem ser incluídas no plano para os mecânicos.

A quantidade de tarefas de manutenção que os mecânicos devem realizar na linha é bastante larga pelo que foi necessário agrupá-las para que a equipa de manutenção possa fazer um registo do cumprimento da atividade mais simples e conciso e não tão extenso. O agrupamento das tarefas seguiu os seguintes critérios: periodicidade, equipamento, órgão e se era uma atividade de "manutenção" ou lubrificação. Como o objetivo era organizar e simplificar as ordens, existiu alguma flexibilidade neste agrupamento consoante a conveniência.

A ordem de manutenção preventiva a ser gerada pelo sistema informático não terá uma descrição pormenorizada de todas as tarefas a que aquela ordem se refere, portanto, e para auxiliar numa fase inicial em que os técnicos ainda não sabem de cor, haverá um manual que os técnicos podem consultar para saber todas as tarefas a que a operação se refere e ainda qual o material que necessitam.

Embora a maioria das tarefas sejam lubrificações, verificações do estado e funcionamento e limpezas dos equipamentos, há algumas peças que necessitam de ser substituídas periodicamente como os filtros ou os tubos de verniz, mas, para estes casos, a periodicidade é muito maior. Por fim, e seguindo as recomendações, alguns equipamentos têm que ser substituídos ao fim de uns anos por razões de segurança.

Na Figura 26 apresenta-se um exemplo de uma das ordens pertencentes ao plano de manutenção preventiva da linha E.

colep

Tarefas de Manutenção Preventiva

Equipamento Órgão	Descarregador
Operação 0340	Lubrificações de 2 em 2 meses no descarregador

	Lista de tarefas :	Tempo	Materiais	Método	Quantidade	Periodicidade
1	Lubrificar fusos para ajuste do formato	1 min	Kluberfood CH2-220	Spray	Mínima	2 meses
2	Limpar e aplicar fina camada de lubrificante nas engrenagens cónicas	1 min	Galp FGL	Pincel	Mínima	
3	Lubrificar as calhas do dispositivo de proteção	1 min	Galp FGL	Pincel	Mínima	
4	Lubrificar transmissões do transportador de rolos	1 min	Kluberfood CH2-220	Spray	Mínima	
5						
6						

Figura 26 - Exemplo de uma ordem de manutenção preventiva

Usando o exemplo da Figura 26, os técnicos receberão uma ordem em que a descrição da operação será: "Lubrificações de 2 em 2 meses no descarregador". Inicialmente não saberão quais as tarefas correspondentes pelo que devem consultar o manual e proceder com a realização das quatro tarefas descritas.

4.2 Introdução das manutenções preventivas na linha E no sistema SAP

O sistema SAP é uma plataforma digital que serve todos os setores da empresa. O módulo da manutenção deste sistema consegue ser uma ferramenta útil para orientar os mecânicos quanto às manutenções preventivas pois, definindo-se a tarefa, a linha e a periodicidade da tarefa, este sistema gera as ordens de manutenção preventiva de acordo com os requisitos introduzidos previamente.

A empresa utiliza este módulo na gestão da manutenção pelo que, mesmo para trabalhos futuros, ter as tarefas bem definidas e os dados bem preenchidos neste sistema é fundamental para que a análise tenha uma margem de erro reduzida.

A introdução do plano de manutenção preventiva para a linha E no sistema SAP era um dos principais objetivos do projeto, mas, devido ao tempo em que se esteve na fábrica presencialmente ter sido reduzido, tornou-se uma impossibilidade.

4.3 Criação de um manual de normas para a manutenção preventiva na linha E

O conhecimento que os técnicos de manutenção possuem das linhas é fundamental para o bom funcionamento das mesmas. Embora quanto maior o seu conhecimento, mais rápido os problemas sejam resolvidos, a empresa deve procurar ser o menos dependente possível de alguém em particular. A fim de atingir este objetivo, manter o conhecimento da empresa e ainda auxiliar os técnicos nas suas tarefas, pode criar-se um manual de normas que explica como realizar algumas tarefas de manutenção preventiva. Neste documento procura se auxiliar e demonstrar como se executa uma determinada tarefa.

Na litografia existe um exemplo deste manual de instruções, mas apenas para as linhas UV. Por várias vezes, quando as tarefas não são executadas frequentemente, há alguns pormenores que escapam aos técnicos e, mesmo que sejam experientes, consultam este manual para os auxiliar. Para facilitar a compreensão, pode se criar um novo manual para as linhas CV adaptando o modelo existente. Na Figura 27 demonstra-se um exemplo do modelo a seguir. A estrutura do modelo apresentado é descrita em seguida:

1. No cabeçalho encontra-se o logótipo da empresa e deverá ser preenchido com o nome da operação e o equipamento em que será realizada. Caso a operação seja específica a um órgão do equipamento, este campo também deverá ser preenchido. Debaixo da tarefa tem ainda o número da mesma.
2. No modelo deve ser preenchida a lista de tarefas onde se deve descrever todas as tarefas a que aquela operação se refere. Por cada tarefa deve indicar-se o tempo médio e materiais necessários. O método usado, a quantidade e a periodicidade são ainda alguns campos a preencher.
3. Há um espaço dedicado a fotos dos equipamentos onde se deve fazer uma ligação entre as fotos e as tarefas, facilitando a localização da intervenção. As fotos deverão estar numeradas consoante a numeração da tarefa correspondente e deverão ser elucidativas.
4. No fundo encontra-se o número da edição do documento, a data da sua realização, quem o elaborou e quem o aprovou.

O manual de normas elaborado contém o plano de manutenção preventiva definido para a linha E e pode ser consultado no Anexo F. Dada a sua extensão, e por ser, *de per si*, um documento autónomo, o Anexo F é apresentado num documento independente, anexo à presente dissertação.

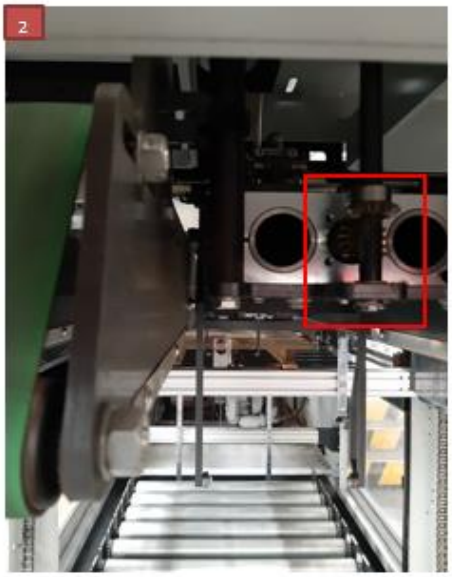
colep

Tarefas de Manutenção Preventiva

Equipamento / Órgão	Descarregador
Operação: 0340	Lubrificações de 2 em 2 meses no descarregador

	Lista de tarefas :	Tempo	Materiais	Método	Quantidade	Periodicidade
1	Lubrificar fusos para ajuste do formato	1 min	Kluberfood CH2-220	Spray	Mínima	2 meses
2	Limpar e aplicar fina camada de lubrificante nas engrenagens cónicas	1 min	Galp FGL	Pincel	Mínima	
3	Lubrificar as calhas do dispositivo de proteção	1 min	Galp FGL	Pincel	Mínima	
4	Lubrificar transmissões do transportador de rolos	1 min	Kluberfood CH2-220	Spray	Mínima	
5						
6						

Fotos:



Edição: 1	Data: 3 Junho 2020	Elaborado por: Tiago Volta	Aprovado por: Valdemar Santos	Pág:1/1

Figura 27 - Tarefas de manutenção preventiva pertencentes ao manual

Como se pode observar na Figura 27, para a ordem "Lubrificações de 2 em 2 meses no descarregador" existem 4 diferentes tarefas associadas. O tempo previsto para a realização de cada tarefa é de cerca de 1 min e, para este caso em que as tarefas são lubrificações, utiliza-se 2 tipos diferentes de óleo que são aplicados utilizando um pincel ou por *spray*. Para todas as tarefas, a quantidade de óleo a aplicar é mínima e estas têm uma periodicidade de 2 meses. Como o próprio nome indica, a operação refere-se ao descarregador e, por cada tarefa apresentada, existe uma foto associada que elucida sobre a posição das peças que devem ser intervencionadas segundo a descrição da tarefa.

4.4 Programação da manutenção em conformidade com a produção

Os resultados financeiros de qualquer empresa são alcançados pela quantidade de produtos ou serviços vendidos, logo, quanto maior for a produção, melhores são os resultados. No entanto, não há produção de produtos de qualidade ou, esta decresce, quando as máquinas não estão a operar devidamente.

A pressão que se impõe para cumprir os prazos estabelecidos com o cliente é elevada sendo que, por vezes, arrisca-se a manutenção em prol da produção. Contudo, embora aumentando a produção a curto prazo, a longo prazo esta ficará comprometida pois a manutenção tem como objetivos aumentar a disponibilidade das linhas e diminuir o índice de produtos defeituosos.

As falhas de comunicação que existem entre a manutenção e a produção podem originar situações pouco benéficas para ambos. Apesar de não se definir um limite máximo de tempo para a manutenção corretiva, a pressão para que a produção continue pode promover erros na manutenção. Além disso, se houver uma falta de comunicação e planeamento, a equipa de manutenção pode terminar a tarefa e a produção continuar sem arrancar por um outro qualquer motivo.

Adicionalmente, algumas das tarefas de manutenção preventiva não são cumpridas porque é necessário que as linhas estejam paradas para a realização, logo, um planeamento, entre ambas as partes, assegurava que as tarefas eram cumpridas e o tempo de vida do equipamento prolongado.

Assim, sugere-se que seja criado um plano para as intervenções de manutenção em que, juntamente com a produção, se assine um documento em que ambas as partes se comprometem a realizar determinada manutenção numa data a definir conjuntamente e que favoreça ambas as partes. Por um lado, previne à produção que tenham paragens inesperadas em alturas cruciais e, por outro lado, permite à manutenção que se organizem e realizem as tarefas corretamente. A juntar a isto, o indicador da taxa de cumprimento das manutenções preventivas será melhorado.

4.5 Promoção da manutenção autónoma

A filosofia de que "a máquina é minha, eu sou responsável por ela" é importante para que a saúde de qualquer máquina seja preservada e prolongada.

Na litografia, a manutenção autónoma pelos colaboradores da produção apenas é feita no último turno da semana e diz respeito à limpeza das linhas.

As tarefas dos envernizadores são, sobretudo, preparar a alimentação da linha com balotes, verificar se o envernizamento não tem defeitos e fazer os *setups* para novos trabalhos a serem realizados nas linhas enquanto que as pessoas no fundo de linha devem descarregar os balotes e ir verificando continuamente se as folhas estão dobradas ou com defeitos cumprindo, desta forma, o plano de inspeção e ensaio. Portanto, embora tenham que estar a verificar continuamente o envernizamento das folhas, como as folhas se deslocam lentamente enquanto estão a passar no forno, os operadores teriam tempo para realizar pequenas tarefas de lubrificação e verificar o estado das folhas, sobretudo as pessoas no fundo das linhas, sem ter que parar a produção ou requerer a ajuda dos mecânicos. Naturalmente que estas lubrificações seriam muito esporádicas face ao tempo que os operadores passam nas linhas. Para além disso, algumas tarefas de limpeza devem ser realizadas regularmente e não apenas uma vez por semana.

A acrescentar a pequenas lubrificações, os operadores podiam ainda ser formados para substituir as correias transportadoras sempre que necessário pois, ainda que as correias sejam responsáveis por uma grande parte das ordens de manutenção corretivas, a substituição destas correias é uma tarefa relativamente simples.

Estas medidas seriam importantes a implementar porque, por vezes, avariam mais do que uma máquina ao mesmo tempo e a equipa de manutenção não tem capacidade para responder a tudo. Devido a uma tarefa simples, a linha pode ficar parada durante horas enquanto ninguém a reparar, portanto, caso os operadores sejam formados para a realização da tarefa aqui exposta pode evitar-se que uma linha não esteja a ser produtiva durante muito tempo. Logicamente que caso a equipa de manutenção tenha disponibilidade, cabe à manutenção a realização destas tarefas pois são pessoas mais especializadas e executam as tarefas mais rapidamente.

Os colaboradores das linhas devem ser formados de modo a cumprir a manutenção autónoma continuamente e não apenas uma vez por semana.

4.6 Substituição periódica do sistema de alimentação da linha E

Alguns equipamentos das linhas CV deixam de ter o mesmo rendimento após um determinado tempo de operação, portanto, apesar dos fabricantes das linhas recomendarem algumas substituições preventivas, deve se procurar usar todo o conhecimento e experiência que os profissionais da manutenção possuem.

O sistema de alimentação das linhas é composto por cilindros de vácuo e ventosas, como se observa na Figura 28, que separam as folhas do balote, agarram, seguram e alimentam as folhas na linha. As ventosas têm um pequeno furo no meio e, quando o vácuo é gerado nos cilindros aos quais estas ventosas estão acopladas, conseguem agarrar a folha e alimentar a linha. A geração do vácuo nos cilindros aspira todo o lixo, poeiras e sujidade a partir dos pequenos furos das ventosas e, com o tempo, a capacidade de sucção das ventosas começa a ficar comprometida que, consequentemente, compromete a produção na linha em questão.

Figura 28 - Sistema de alimentação

A equipa da manutenção observou que o bom funcionamento das ventosas dura um pouco mais do que três meses. Desta forma, à semelhança do que fazem noutras linhas da fábrica, devem substituir todo o conjunto cilindros/ventosas com uma periodicidade de cerca de 3 meses para que, como esta substituição é planeada, a instalação do novo conjunto seja muito mais rápida e não coloque em risco a produção. O sistema substituído é limpo e revisto para voltar a ser utilizado mais tarde. Uma vez mais, pelo facto desta linha ser relativamente recente na fábrica, é necessário que se coloque esta ordem no sistema SAP para que a periodicidade das intervenções seja cumprida.

A proposta de solução passa pela introdução desta ordem no sistema para que se controle melhor o momento em que se dá a substituição e para se evitar que passe demasiado tempo e o equipamento deixe de trabalhar corretamente.

4.7 Automatização do flamejador

O flamejador das linhas CV é utilizado quando se está a aplicar verniz sobre uma folha virgem e serve para remover a humidade, as gorduras e lixo da folha antes de ser envernizada.

Se o flamejador estiver ligado, independentemente do tamanho da folha em que se está a aplicar o verniz, a zona em que a chama está a ser projetada não varia. Consequentemente, quando as folhas são mais estreitas que a largura do flamejador, este começa a aquecer o veio da linha localizado por debaixo do flamejador que, com o tempo, vai ganhando sulcos que poderão riscar as folhas.

O operador da linha E tem que introduzir os dados referentes ao tamanho da folha e ao tipo de envernizamento sempre que inicia um novo trabalho. Se o flamejador fosse dividido em células, usando os dados introduzidos pelo operador, este poderia aumentar ou reduzir a área de chama consoante o tamanho da folha.

A proposta de solução é de difícil implementação já que levanta problemas de segurança pois o dispositivo trabalha com gás. No entanto, caso se consiga implementar, consegue se poupar gás e energia, evitar o dano no veio da linha e aumentar a qualidade das folhas envernizadas.

Na Figura 29 apresenta-se o flamejador da linha E. Ao contrário das restantes linhas, este é resguardado em toda a volta. A solução apresentada passa por, quando a folha tiver pouca largura, as laterais de ambos os lados do flamejador deixarem de produzir chama consoante o tamanho da folha a envernizar.

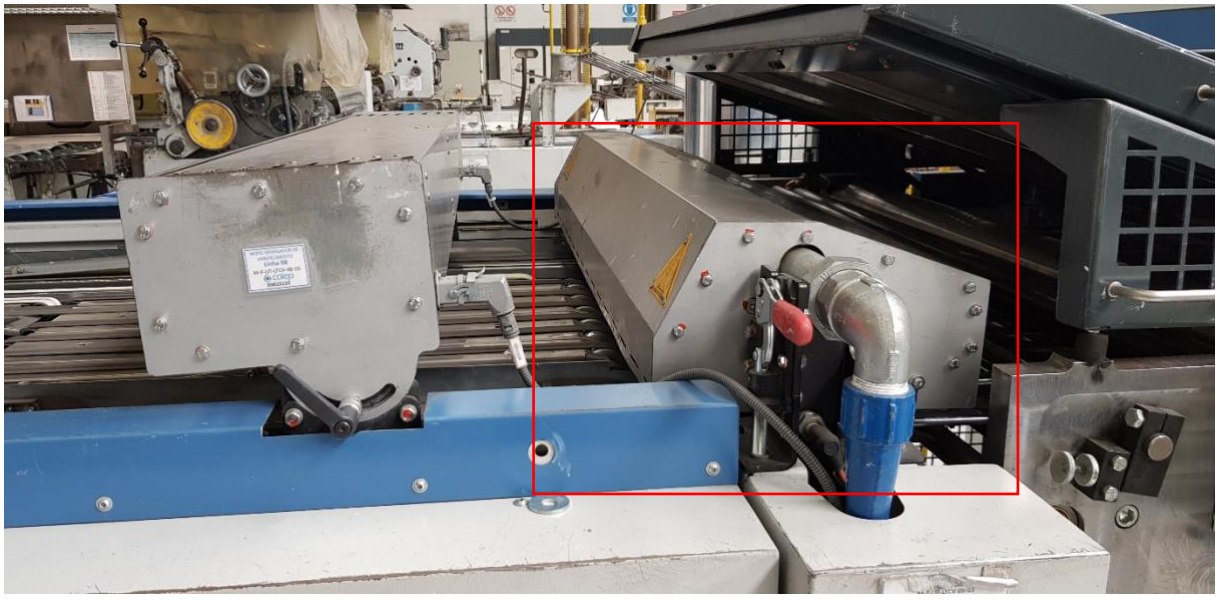


Figura 29 - Flamejador

4.8 Alteração da periodicidade de uma ordem de manutenção preventiva nas linhas CV

A Colep é uma empresa com uma longa história e que foi crescendo, adquirindo e melhorando as linhas e equipamentos que possuem.

As linhas convencionais são assim chamadas devido ao facto de utilizaram fornos convencionais para a secagem e cura do verniz. Anteriormente, o gás utilizado nestes fornos era o gás propano que, sendo um derivado do petróleo, deixava uma grande quantidade de óleo residual nas tubagens. Devido à acumulação deste óleo, na altura do arranque do forno, a chama de ignição ficava a borbulhar no óleo impedindo o seu funcionamento e, por isso, existia uma ordem de manutenção preventiva que consistia na limpeza dos bicos do isqueiro do forno e da câmara de queima e que tinha a periodicidade de três meses.

Aquando da análise da taxa de cumprimento das manutenções preventivas, percebeu-se que esta ordem não foi cumprida várias vezes durante os últimos três anos. Quando se questionou o porquê junto dos responsáveis da manutenção, descobriu-se que, atualmente, o gás utilizado nos fornos é o gás natural e que este não deixa tantos resíduos como o anterior.

Entretanto, a periodicidade desta ordem já tinha sido alterada, passando de trimestral para semestral mas, após uma breve discussão com a equipa de manutenção, decidiu alterar-se esta periodicidade para anual pois estes equipamentos continuam a operar corretamente mesmo com uma periodicidade mais alargada e, desta forma, concilia-se esta tarefa com a altura em que se faz a limpeza geral do forno (que também é anual).

Esta solução foi aceite e implementada no momento em que foi proposta já que a sua implementação era simples e consistia em alterar as periodicidades no sistema SAP de uma ordem existente.

4.9 Alteração da apresentação das ordens de manutenção preventiva

A correta disposição e apresentação das ordens de manutenção preventiva a serem executadas pode auxiliar na compreensão das mesmas e levar a uma poupança de tempo no preenchimento dos campos a preencher.

Como foi referido anteriormente, nas ordens preventivas geradas automaticamente pelo sistema e que são imprimidas semanalmente para acompanhar os técnicos da manutenção, o equipamento a que estas se referem pode não estar explícito. Geralmente, quando o equipamento não está no texto da operação é porque é o mesmo equipamento a que as operações anteriores se referiam. No entanto, isto nem sempre é verdade e, por vezes, os mecânicos têm que fazer uso do seu conhecimento para identificar o local onde a operação deve ser realizada. Como a informação necessária para a realização do trabalho não está claramente exposta, pode haver uma perda de tempo desnecessária que poderá ser evitada caso se reformule a apresentação do documento.

Posto isto, como o campo de notas e observações muito raramente tem algo escrito para além do visto que significa que a operação foi realizada, esse campo pode ser retirado para permitir que se alongue o texto descritivo da operação e para se colocar um campo com o equipamento a que a operação se refere antes da descrição da operação. Caso haja alguma nota importante a adicionar, pode ser escrita numa folha à parte e agrafada ao conjunto.

Um outro problema destas ordens de manutenção preventiva está relacionado com o preenchimento dos tempos de execução das tarefas. Como os mecânicos não podem estar a verificar as horas e a interromper o trabalho para ir preencher o documento de todas as vezes que realizam uma pequena tarefa, aproximam o tempo de realização de cada tarefa para cinco minutos, independentemente se foi uma tarefa mais simples ou demorada. Assim, sugeriu-se que se agrupassem as operações por linha para que a pessoa responsável pela realização das

tarefas preencha os tempos apenas uma vez no final de cada trabalho. Desta forma, a descrição da tarefa pode ser ainda mais alongada e o técnico responsável deixa de perder tempo no preenchimento de tempos que não podem ser utilizados já que têm um elevado grau de erro associado.

Embora o módulo SAP não tenha uma interface amigável, em parceria com o departamento informático podia se trabalhar na exportação dos dados do sistema de maneira a que se ficasse com uma disposição das ordens mais agradável. Na Figura 30 apresenta-se uma possível nova disposição dos dados.

Local de instalação	Ordem	Equipamento	Nº da op.	Descrição da operação	Horas no ínicio/ Horas no final	Nº Pessoal
AAAA	0000	1	10			
			20			
			30			
		2	40			
		3	50			
		4	60			
			70			
		5	80			
			90			
		6	100			

Figura 30 - Possível apresentação das ordens de manutenção preventiva

5 Conclusões e Trabalhos Futuros

As crescentes exigências dos consumidores por um produto com maior qualidade, com um ciclo de vida mais sustentável e a procura por um preço mais competitivo exige às empresas que todos os seus setores e departamentos trabalhem em sincronia para que os melhores resultados possam ser alcançados. A manutenção é a responsável pelo bom desempenho das linhas de produção, portanto, deve ser meticulosamente estudada e melhorada de maneira a que os níveis máximos de produção sejam atingidos.

A proposta para a realização da presente dissertação na fábrica de litografia da Colep surgiu da necessidade de se reverem e atualizarem as ordens de manutenção preventiva das linhas de envernizamento e, consecutivamente, se atualizar o sistema informático SAP de acordo com a essa revisão, pelo que o trabalho foi desenvolvido procurando visar estes objetivos.

A análise dos indicadores de desempenho permitiu obter uma visão mais clara do estado da manutenção na litografia e o período de tempo em análise foi alargado para que os resultados fossem o mais fiáveis possível. A taxa de cumprimento das tarefas de manutenção preventiva estava aquém dos desejáveis 90%, à exceção das primeiras 8 semanas de 2020, e concluiu-se que as razões para esse resultado seriam a desatualização de algumas das ordens de manutenção preventiva e a indisponibilidade dos mecânicos nas semanas em que as linhas tinham manutenções corretivas demoradas. Embora o número de intervenções preventivas seja muito superior ao número de intervenções corretivas, o tempo despendido na reparação dos equipamentos é superior ao tempo dedicado à manutenção preventiva. Os restantes indicadores apresentaram resultados expectáveis e coerentes com o bom funcionamento da manutenção.

Ainda na análise do estado inicial, concluiu-se que a envernizadora é o equipamento com um maior número de avarias, no entanto, após discussão de algumas propostas de melhoria para a envernizadora, não se conseguiu descobrir uma solução realmente eficaz. As linhas de envernizamento são linhas que não sofreram grandes alterações ao longo das últimas décadas e, mesmo os fabricantes, apenas introduziram pequenas melhorias nos equipamentos ao longo de todo este tempo. Excetuando a linha E, que é relativamente nova, a implementação de sistemas automáticos nas restantes linhas está muito condicionada pois os ajustes e afinações são manuais. Embora seja difícil identificar uma possível pequena melhoria num equipamento, foi elaborada uma proposta para melhorar o desempenho do flamejador das linhas CV. A implementação desta proposta carece primeiro da realização de um projeto.

A análise dos dados foi fundamental para que o foco e incidência das propostas de melhoria se mostrasse adequada. Porém, o registo descuidado da documentação levou a uma grande limitação da informação disponível, o que condicionou uma análise mais pormenorizada. Simplificar o registo e clarificar as ordens de manutenção preventiva pode ser uma das soluções a este problema. Para que o registo das ordens corretivas seja melhorado, deve promover-se a formação dos operadores de linha para que atribuam uma avaria ao equipamento que de facto avariou e demonstrar-lhes que uma descrição sucinta e assertiva do problema pode ser benéfica para a empresa.

A fábrica de litografia da Colep é uma referência do setor e tem uma longa existência. Assim sendo, os processos da manutenção estão já bastante desenvolvidos, necessitando apenas de uma maior organização e de uma revisão periódica para que estejam atualizados. Neste sentido, o foco do trabalho dirigiu-se para a definição do plano de manutenção preventiva para a linha E pois, devido a esta ser recente, ainda não se tinha verificado e discutido as recomendações do fabricante. Juntamente com os responsáveis da manutenção, e enquanto se verificava as periodicidades e quais as operações que deviam constar no plano, foi também elaborado um caderno ilustrativo para auxiliar os mecânicos na realização das tarefas, indicando, através de fotografias, os locais a intervir.

O facto de a empresa ter um longo historial também tem algumas desvantagens, na medida em que os colaboradores podem ter costumes enraizados e mostrarem resistência a melhorias que implicam pequenas mudanças. Desta forma, é necessário que as mudanças sejam graduais e que os colaboradores recebam formação para que a adaptabilidade a uma nova realidade seja efetuada da melhor forma. A promoção da manutenção autónoma foi uma das propostas sugeridas já que é reduzida e o seu aumento pode significar um grande impacto na saúde dos equipamentos.

Como referido anteriormente, a sincronia entre os diversos departamentos permite a maximização dos recursos disponíveis. O planeamento da manutenção em conformidade com a produção requer uma boa comunicação, mas foi a solução encontrada para que o número de paragens inesperadas e o tempo de intervenção na reparação dos equipamentos seja reduzido.

A equipa de manutenção tem pessoas experientes e qualificadas, assim sendo, algumas periodicidades de ordens de manutenção preventivas existentes foram revistas e alteradas após sugestão da mesma.

Por último, a apresentação das ordens de manutenção preventiva que são geradas automaticamente pelo sistema SAP foi repensada de forma a facilitar a leitura e preenchimento do documento. Com esta nova disposição das ordens espera-se que o tempo despendido no preenchimento dos dados seja reduzido, mas o facto de ter desenvolvido o projeto à distância não permitiu a discussão da proposta com o departamento informático para a sua implementação.

O estado de emergência que se viveu em Portugal durante o período de realização da presente dissertação impediu que as propostas de melhoria que necessitavam de mais discussão e elaboração fossem implementadas. Um dos objetivos propostos pela empresa não foi possível de realizar, pois a implementação das ordens de manutenção preventiva em SAP implicava a presença na fábrica. No entanto, os demais objetivos propostos foram alcançados, dentro das limitações existentes, mesmo implicando uma maior dedicação e comunicação à distância.

Independentemente de ter sido uma experiência atípica devido ao reduzido tempo na fábrica, esta dissertação permitiu conhecer o ambiente industrial, lidar com situações e problemas reais em que os dados são escassos e enfrentar os diferentes obstáculos que foram surgindo.

Relativamente a trabalhos futuros, sugere-se que se implementem as propostas aqui apresentadas e que se revejam os planos de manutenção para as restantes áreas da litografia que não as linhas de envernizamento.

Referências

Almada-Lobo, Bernardo. 2013. *TPM - Total Productive Maintenance.* Porto.

Benešová, Andrea, e Jiří Tupa. 2017. *Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0.* Article, Procedia MANUFACTURING.

Cabral, José Paulo Saraiva. 2006. *Organização e Gestão da Manutenção.* LIDEL.

Campbell, John, e Andrew Jardine. 2001. *Maintenance Excellence: Optimizing Equipment Life-Cycle Decisions.* Marcel Dekker.

Coimbra, Euclides. 2013. *KAIZEN IN LOGISTICS & SUPPLY CHAINS.* McGraw-Hill Education.

Colep. 2020. Acedido em 2020. https://www.colep.com/.

—. s.d. *Colep.* Acedido em 2020. Colep.com.

—. 2015. *Documento de apoio à formação.*

—. 2014. *Mission & Vision.* https://www.colep.com/about-us/mission-and-vision.

—. 2014. *Values.* https://www.colep.com/about-us/values.

Hirano, Hiroyuki. 1995. *5 Pillars of the Visual Workplace - The sourcebook for 5S Implementation.* Productivity Press.

Ikumapayi, O. M., E.T. Akinlabi, F.M. Mwema, e O.S. Ogbonna. 2019. *Six Sigma versus lean manufacturing - An overview.* Materials Today: Proceedings.

Nakajima, Seiichi. 1990. *Total Productive Maintenance ou "Zero Avarias".* International Seminars on Advanced Technology.

NP EN 13306, Norma Portuguesa. 2007. *Terminologia da manutenção.*

NP EN 15341, Norma Portuguesa. 2009. *Manutenção Indicadores de desempenho da manutenção (KPI).*

Ohno, Taiichi. 1988. *Toyota Production System - Beyond Large Scale Production.* TAYLOR & FRANCIS INC.

Shingo, Shigeo. 1986. *Zero Quality Control: Source Inspection and the Poka-Yoke System.* Routledge.

Stilgraf. 2018. *Técnica de impressão offset.* http://www.stilgraf.com.br/como-funciona-a-tecnica-de-impressao-offset.

Teles, Jhonata. 2018. *Introdução ao TPM – TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE.* Acedido em 2020. https://engeteles.com.br/introducao-ao-tpm-total-productive-maintenance/.

—. 2018. *Manutenção Produtiva Total - Manutenção Autônoma.* Acedido em 2020. https://engeteles.com.br/manutencao-autonoma/.

Victor Mirshawa, Napoleão Lupes Olmedo. 1993. *Manutenção, Combate aos Custos de Não-Eficácia.* Makron Books do Brasil Editora Ltda. Acedido em 2020.

Wireman, Terry. 2005. *Developing Performance Indicators for Managing Maintenance.* INDUSTRIAL PRESS.

ANEXO A: Dados para a determinação da taxa de cumprimento das manutenções preventivas

		2017	*2018*	*2019*	*2020*	*Total*
Manutenções Preventivas Agendadas	**Linha A**	**712**	**770**	**815**	**154**	**2451**
	Linha B	**755**	**713**	**761**	**145**	**2374**
	Linha C	**590**	**682**	**713**	**137**	**2122**
	Linha D	**944**	**928**	**991**	**183**	**3046**
Manutenções preventivas realizadas	**Linha A**	**387**	**556**	**518**	**144**	**1605**
	Linha B	**413**	**473**	**509**	**128**	**1523**
	Linha C	**296**	**467**	**485**	**127**	**1375**
	Linha D	**494**	**556**	**595**	**174**	**1819**
Taxa de Cumprimento	**Linha A**	**54,4%**	**72,2%**	**63,6%**	**93,5%**	**65,5%**
	Linha B	**54,7%**	**66,3%**	**66,9%**	**88,3%**	**64,2%**
	Linha C	**50,2%**	**68,5%**	**68,0%**	**92,7%**	**64,8%**
	Linha D	**52,3%**	**59,9%**	**60,0%**	**95,1%**	**59,7%**

Tabela 2 - Taxa de cumprimento das manutenções preventivas

ANEXO B: Ordens de manutenção corretiva e preventiva realizadas desde 2017

	Ordens de trabalho corretivo	*Ordens de trabalho preventivo realizadas*
Linha A	**364**	**1605**
Linha E	**114**	**106**
Linha B	**390**	**1523**
Linha C	**406**	**1375**
Linha D	**640**	**1819**
Total	**1914**	**6428**

Tabela 3 - Ordens de trabalho corretivo e preventivo

ANEXO C: Tabela com o número de avarias por equipamento no período de tempo considerado para as linhas A, B, C e E

	Linha A	*Linha E*	*Linha B*	*Linha C*
Alimentador	**65**	**12**	**70**	**65**
Transportador até à envernizadora	**45**	**6**	**51**	**20**
Envernizadora	**102**	**19**	**79**	**29**
Carregador do forno	**43**	**22**	**56**	**51**
Forno	**57**	**21**	**64**	**44**
Transportador de descarga	**22**	**7**	**33**	**30**
Descarregador	**30**	**20**	**37**	**107**
Quadros elétricos	**0**	**7**	**0**	**0**
Total	**364**	**114**	**390**	**406**

Tabela 4 - Número de avarias por equipamento

ANEXO D: Tabela com o número de avarias por equipamento no período de tempo considerado para a linha D

	Linha D
Alimentador	**65**
Transportador 1	**12**
Impressão 1	**143**
Transportador 2	**26**
Impressão 2	**170**
Transportador até envernizadora	**15**
Envernizadora	**52**
Carregador do forno	**30**
Forno	**36453**
Transportador de descarga	**21**
Descarregador	**44**
Sistema microcolor	**9**
Total	**640**

Tabela 5 - Número de avarias por equipamento para a linha D

ANEXO E: Diagramas de Pareto das linha E, B e C

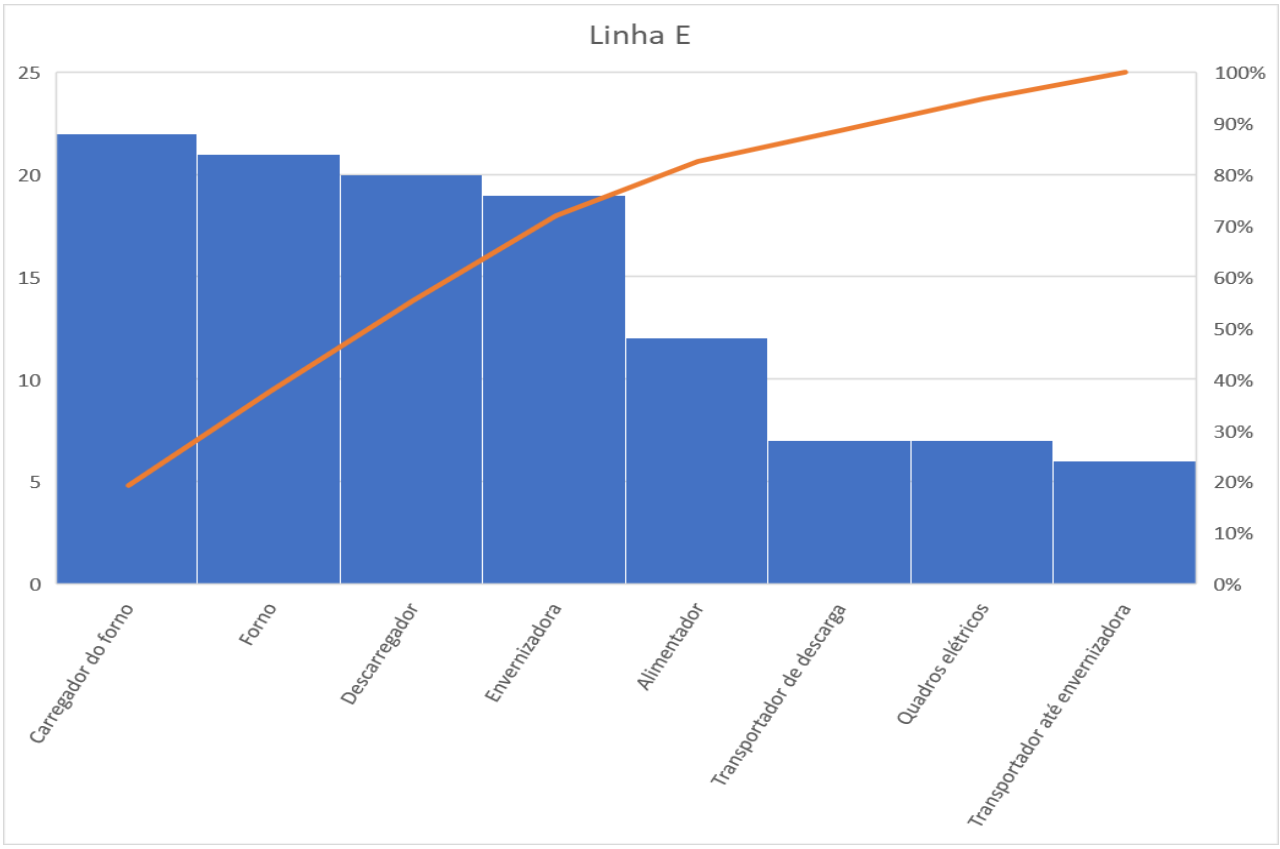


Figura 31 - Diagrama de Pareto da linha E

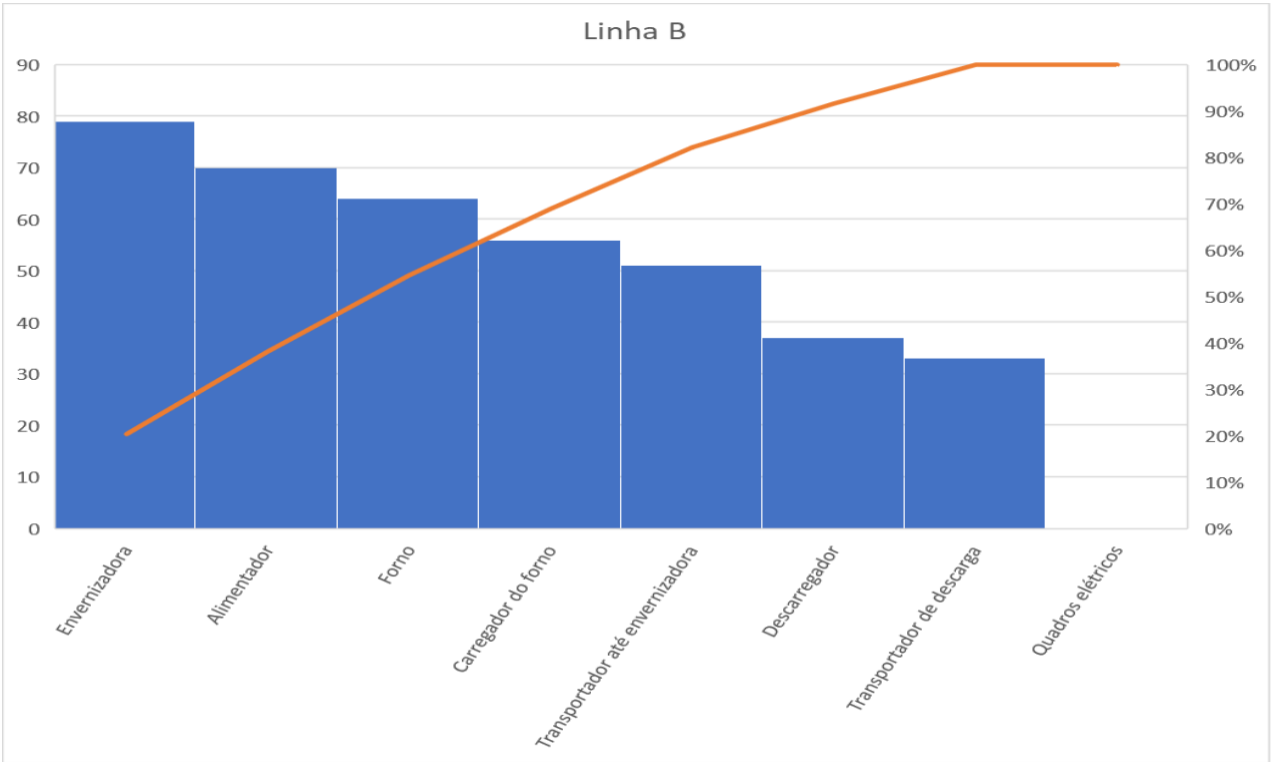


Figura 32 - Diagrama de Pareto da linha B

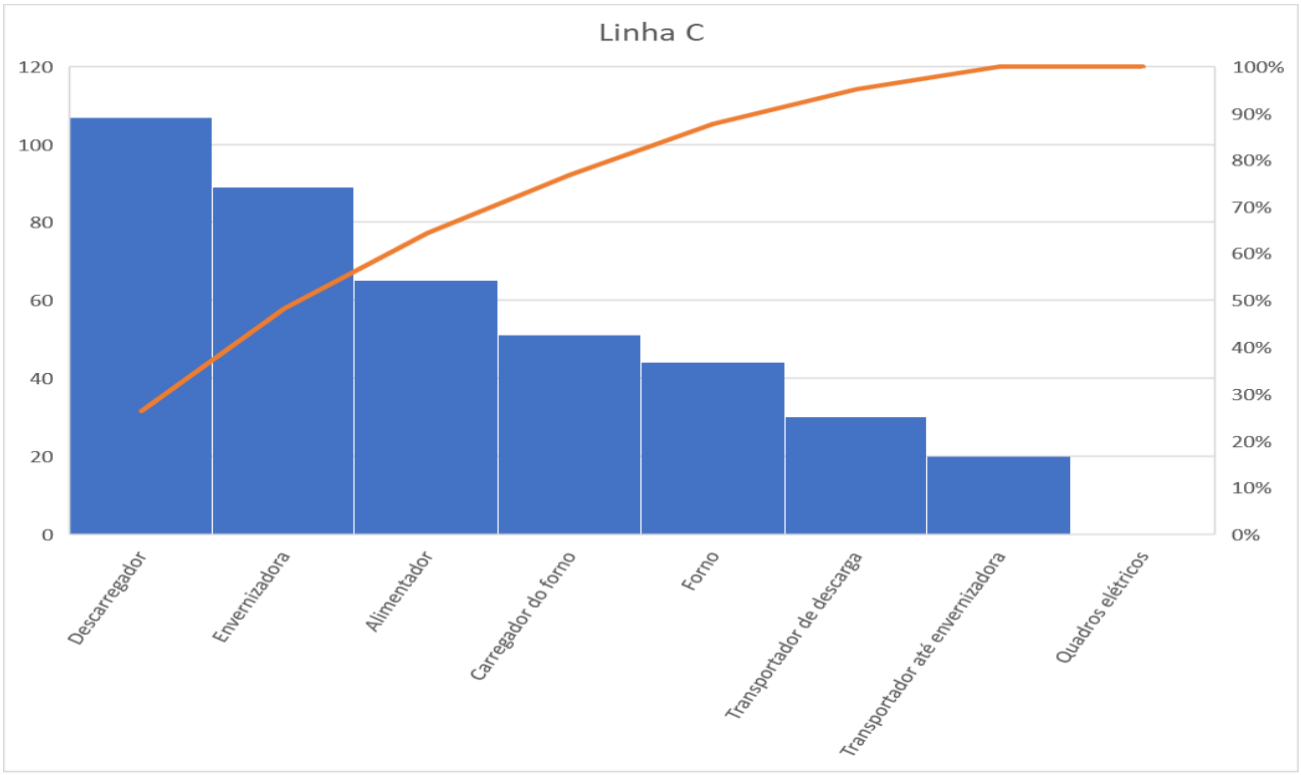


Figura 33 - Diagrama de Pareto da linha C