

Padronização da manutenção numa linha de revestimento numa indústria de mobiliário

Diogo Miguel Santos Oliveira

Dissertação de Mestrado

Orientador na FEUP: Prof. Paulo Osswald



Mestrado Integrado em Engenharia Industrial e Gestão

2016-06-23

Resumo (em português)

O presente projeto de dissertação refere-se à padronização das ações de manutenção preventiva numa linha de revestimento da IKEA *Industry* Portugal – empresa de fabrico de mobiliário. Tem como principal objetivo analisar e melhorar as instruções de manutenção *standard* já existentes para uma linha de revestimento (*Complete Line*) - de forma a criar impacto na disponibilidade dos equipamentos - bem como elaborar de raiz os trabalhos de manutenção *standard* para um novo equipamento (*Pre-Coating*) a ser introduzido na linha. A análise do histórico dos indicadores de desempenho, mostrou que a linha *Complete Line* apresenta os valores de disponibilidade intrínseca mais baixos da fábrica (cerca de 90%) e que menos de 90% das manutenções preventivas planeadas são realizadas.

O equipamento *Pre-Coating* foi o primeiro objeto de intervenção, para o qual foi necessário elaborar as instruções de trabalho de manutenção preventiva e de 1º nível, com a descrição de todas as atividades de manutenção a executar quer pelos operadores quer pelos técnicos.

No que concerne às instruções de trabalho para a linha de revestimento, *Complete Line*, numa primeira fase realizou-se um diagnóstico às instruções de manutenção preventiva já existentes para esta linha e filtrou-se as mesmas para identificar as atividades que criam impacto na conservação dos equipamentos. Após se proceder a alguns ajustes na periodicidade das intervenções e outras informações existentes, acrescentou-se novas intervenções preventivas que visam o aumento da disponibilidade do equipamento. Com base num histórico de avarias, realizou-se, ainda para esta linha, uma análise à fiabilidade dos rolos de aplicação de endurecedor da calandra da cola, com o objetivo de entender o seu comportamento relativamente às avarias e inferir qual a política de manutenção mais adequada.

Por fim, atualizou-se as instruções de manutenção de 1ª nível para as linhas 1 e 2 da área *Lacquering* e elaborou-se as instruções de manutenção preventiva para todos os sistemas de transporte e armazenamento de materiais da fábrica *Foil*.

Da realização das instruções de manutenção preventiva para a *Pre-Coating*, espera-se garantir elevada disponibilidade através das práticas de manutenção mais adequadas, diminuir erros nas intervenções de manutenção e facilitar a integração de novos operadores e técnicos nas suas atividades de manutenção. Com a reestruturação do trabalho *standard* para a *Complete Line*, eliminou-se atividades de manutenção ineficazes, o que se traduziu numa redução dos tempos planeados de manutenção (4,07%), e espera-se um aumento da eficácia das intervenções de manutenção devido ao incremento qualitativo das informações contidas nas instruções.

Maintenance Standard Work in the coating line of a furniture industry

Abstract

This dissertation project refers to the standardization of preventive maintenance in a coating line of IKEA Industry Portugal – furniture manufacturer. Its main goal was to analyse and improve the existing standard maintenance procedures for a coating line (Complete Line) – in order to create impact on the equipment’s availability - as well as to deploy the maintenance standard work for a new equipment (Pre -Coating) to be introduced on that production line. The historical analysis showed that the Line Complete line has the lowest intrinsic availability of the plant (approximately 90%) and that less than 90% of planned preventative maintenance are performed.

The Pre-Coating equipment was the first object of intervention, where it was necessary to elaborate preventive and 1st level maintenance standard work, with description of all maintenance activities to be carried out either by operators or by the maintenance technicians.

Regarding the standard work for the *Complete Line*, a diagnosis of the existing preventive maintenance instructions for this line was made and the activities that create impact on equipment’s’ conservation were sorted out. Next, some adjustments were made on the activities’ periodicity and on other available information, and new preventive interventions were introduced to promote a reduction in downtime. Based on failure history, still in this line, a reliability analysis of the calender rolls for hardener application of the glue was made, in order to understand their breakdown behaviour and infer the most suitable maintenance policy.

Finally, the 1st level maintenance instructions for the lines 1 and 2 of the Lacquering area were updated and the preventive maintenance instructions for all material transportation and storage in the Foil’s plant were developed.

The implementation of the preventive maintenance standard work for Pre-Coating is expected to result in best maintenance practices, to reduce errors in maintenance operations and to simplify the integration of new operators and technicians in its maintenance activities. By reorganizing the Complete Line’s maintenance standard works, inefficient maintenance activities were removed - which resulted in a reduction of planned maintenance times (4,07%) - and the maintenance operations’ efficiency is expected to increase due to the quality increase on the instruction’s information.

Agradecimentos

No âmbito da realização da presente dissertação de mestrado gostaria de agradecer:

À IKEA Industry Portugal, pela oportunidade de realizar a dissertação em ambiente empresarial e permitir o desenvolvimento dos meus conhecimentos e competências.

Ao Eng.º Márcio Machado, responsável do departamento de Manutenção, pela integração na equipa e acompanhamento prestado no decorrer do projeto.

Ao Departamento da Manutenção, pela transmissão de conhecimentos e esclarecimento das dúvidas que surgiram ao longo do projeto, em particular, Jorge Pires, Natália Oliveira, José Carvalho e Francisco Silva.

A todos os colaboradores da IKEA Industry Portugal, pela forma como me acolheram e pela simpatia demonstrado durante o projeto.

Ao Professor Paulo Osswald, pela orientação e disponibilidade demonstrada ao longo da execução do projeto.

Gostaria ainda de expressar os meus sinceros agradecimentos aos meus pais, restante família, amigos e colegas de curso, pelo apoio incondicional que me prestaram ao longo da minha vida académica.

Índice de Conteúdos

1	Introdução	1
1.1	Enquadramento do projeto e motivação.....	1
1.2	Apresentação da IKEA <i>Industry</i> Portugal, Lda.....	1
1.3	Objetivos do projeto	3
1.4	Estrutura da dissertação	3
2	Revisão do Estado da Arte	4
2.1	Manutenção	4
2.2	Tipos de manutenção.....	4
2.2.1	Manutenção corretiva	5
2.2.2	Manutenção preventiva.....	6
2.3	Indicadores de desempenho da manutenção	6
2.3.1	Fiabilidade	6
2.3.2	Manutibilidade.....	9
2.3.3	Disponibilidade	9
2.4	TPM 10	
3	Análise da Situação Atual	12
3.1	Fábrica <i>Foil</i>	12
3.2	Processo produtivo da <i>Foil & Wrap</i>	13
3.2.1	Introdução da unidade Pré-Coating	14
3.3	Gestão da Manutenção	16
3.3.1	Modelo organizacional.....	16
3.3.2	Gestão documental.....	17
3.3.3	<i>Software</i> de apoio à manutenção	18
3.4	Tipos de manutenção praticada	18
3.4.1	Manutenção de 1ºNível.....	18
3.4.2	Manutenção corretiva	19
3.4.3	Manutenção preventiva.....	20
3.5	Indicadores de desempenho	20
3.5.1	Análise aos KPI's por fábrica	21
3.5.2	Análise à disponibilidade por áreas	22
3.5.3	Análise aos KPI's da área <i>Foil & Wrap</i>	23
3.6	Problemas identificados	25
4	Apresentação e implementação das soluções propostas.....	26
4.1	Padronização da manutenção da <i>Pre-Coating</i>	26
4.2	Padronização da manutenção da linha <i>Complete Line</i>	29
4.2.1	Análise da fiabilidade dos rolos aplicadores de endurecedor	31
4.3	Padronização da manutenção de 1º nível da área <i>Lacquering</i>	35
4.4	Sistemas Automáticos de transporte e armazenamento	36
4.5	Plataforma elevatória	37
5	Conclusões e perspetivas de trabalho futuro.....	39
5.1	Conclusões do trabalho desenvolvido.....	39
5.2	Trabalhos futuros	40
	Referências	41
ANEXO A:	Layout	42
ANEXO B:	Templates das Instruções.....	43
ANEXO C:	Instruções de manutenção	45
ANEXO D:	Tabelas	47
ANEXO E:	Gráficos.....	49
ANEXO F:	Sistemas de transporte de materiais	50

Siglas

BOF – *Board on Frame*
BOS – *Board on Style*
EB&D – *Edge Band & Drill*
FY – *Fiscal Year*
F&W – *Foil&Wrap*
HDF – *High Density Fiber*
ITM – *Instruções de Trabalho de Manutenção*
KPI – *Key Performance Indicator*
IMN1 – *Instruções de Manutenção 1º Nível*
MTBF – *Mean Time Between Failures*
MTTR – *Mean Time to Repair*
MWT – *Mean Waiting Time*
OT – *Ordem de Trabalho*
PB – *Particle Board*
PDCA – *Plan-Do-Check-Act*
PFF – *Pigment Furniture Factory*
RCPS – *Root Causes Problem Solving*
SOS – *Standard Operations Sheet*
TPM – *Total Productive Maintenance*
WES – *Work Element Sheet*

Índice de Figuras

Figura 1 - IKEA <i>Industry</i> Portugal (fonte: IKEA).....	2
Figura 2 - Exemplo de produtos fabricados na BOF: LACK, BESTÅ & INREDA, MICKE (da esquerda para a direita) (fonte: IKEA)	2
Figura 3 - Tipos de Manutenção (Assis,2004).....	5
Figura 4 - Ciclo da manutenção corretiva (Assis, 2004)	6
Figura 5- Curva da Banheira in www.weibull.com	8
Figura 6- Fluxo produtivo da Fábrica BOF (fonte: Ikea)	12
Figura 7 - Painéis com <i>honeycomb</i>	12
Figura 8 - Layout da <i>Complete Line</i>	13
Figura 9 - Valores, em euros, de sucata gerada	14
Figura 10 - Máquina de Pré-Coating (Manual técnico da Nordson)	15
Figura 11- Organigrama do departamento de Manutenção (adaptado do Ikea <i>Industry</i> Portugal)	16
Figura 12 - Histograma de disponibilidade das fábricas da BOF	21
Figura 13 - Histograma do cumprimento das manutenções preventivas nas fábricas BOF	22
Figura 14 - Histograma da disponibilidade das áreas da fábrica BOF	22
Figura 15 - Gráfico que compara valores de disponibilidade entre as áreas da Foil	23
Figura 16 - Histograma dos tempos médios entre avarias da F&W	23
Figura 17 - Histograma dos tempos de inatividade da F&W	24
Figura 18 - Histograma de eficiência da área F&W	24
Figura 19 - Histograma do índice de disponibilidade e performance da área F&W	25
Figura 20 - Exemplo de WES para a manutenção 1º nível da <i>Pre-Coating</i>	27
Figura 21 - Exemplo de SOS para a manutenção preventiva de intervenção da <i>Pre-Coating</i>	28
Figura 22 - Exemplo de uma WES para a lubrificação do acionamento de rosca de esferas	29
Figura 23 - <i>Downtime</i> da <i>Complete Line</i> devido a avarias	31
Figura 24 - Esquema do funcionamento dos cilindros de aplicação e doseadores (Fonte: IKEA)	32
Figura 25 - Fiabilidade dos rolos aplicadores de endurecedor	34
Figura 26 - Layout das linhas 1 e 2 do Lacquering	35
Figura 27 - <i>Transfer Carriage</i>	36
Figura 28 - <i>Check – List</i> de segurança e manutenção para a plataforma elevatória (frente e verso)	38
Figura 29 - Evolução das avarias do rolo aplicador de endurecedor superior ao longo do tempo	49

Figura A.1 – Layout da fábrica BOF	42
Figura B.1 – Template WES	43
Figura B.2 – Template SOS	44
Figura C.1 - Extrato da instrução de manutenção preventiva intervenção mensal da Homag FKF 300	45
Figura C.2 - Manutenção 1º nível diária para o posto 6 da linha 1 e 2 do <i>Lacquering</i>	46
Figura E.1 - Evolução das avarias do rolo aplicador de endurecedor superior ao longo do tempo	49
Figura E.2 - Evolução das avarias do rolo aplicador de endurecedor inferior ao longo do tempo	49
Figura F.1 - Esquema do <i>sideway movable conveyor</i>	50
Figura F.2 - Esquema e foto de um <i>transveyor</i>	50

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Comparação dos tempos totais planeados de manutenção da Complete Line	30
Tabela 2 – Avarias ocorridas nos rolos aplicador de endurecedor, dispostas em ordem cronológica	33
Tabela 3 – Variáveis utilizadas no cálculo da estatística de teste.....	33
Tabela 4 – Valores estimados para a taxa de avarias e MTBF	34
Tabela D.1 – Instruções de manutenção preventiva de inspeção realizadas para a Complete Line.....	47
Tabela D.2 – Instruções de manutenção preventiva de intervenção realizadas para a Complete Line.....	47
Tabela D.3 – Tempos planeados acumulado para execução das manutenções preventivas por máquinas	48

1 Introdução

Neste capítulo é abordado o tema deste projeto de dissertação, os objetivos propostos e a metodologia utilizada no apoio da realização. Não menos importante, é feita uma breve apresentação da empresa onde o projeto ocorreu.

1.1 Enquadramento do projeto e motivação

O presente projeto de dissertação foi realizado no departamento de Manutenção da fábrica *Board on Frame* (BOF) na *IKEA Industry Portugal*. O projeto, que ocorreu no período de fevereiro a junho de 2016, teve como intuito a atualização do *Standard Work* no processo de manutenção preventiva.

No período de setembro de 2015 a fevereiro de 2016, a fábrica *Foil*, pertencente à fábrica BOF, só por duas vezes atingiu o objetivo mensal de disponibilidade intrínseca, no valor de 93,7%. Estes valores, encontram-se ainda longe do valor objetivo de disponibilidade intrínseca para a fábrica *Lacquer&Print*: 97,50%. No mesmo período, na fábrica *Foil* só foram cumpridas 63,90% das manutenções preventivas planeadas.

Esta falta de concretização dos objetivos delineados para a fábrica *Foil* relativamente à disponibilidade intrínseca, deve-se sobretudo à área *Foil&Wrap* (F&W), já que esta apresenta valores de disponibilidade intrínseca a rondar os 90%. A linha *Complete Line* da F&W, é considerada a linha mais crítica da *Foil*, não só devido aos tempos de inatividade, mas também devido aos problemas de qualidade inerentes ao seu processo produtivo. Como forma de reduzir estes problemas, a empresa investiu num novo equipamento para a área F&W, a máquina de *Pré-Coating*, que implica uma alteração do processo produtivo.

Surge assim a necessidade de criar as instruções de manutenção preventiva que suportem as atividades de manutenção preventiva e de 1º nível para esta nova unidade. Por outro lado, é necessário rever as instruções de manutenção preventiva para a *Complete Line*, uma vez que estas não se encontram atualizadas – as últimas instruções para esta área foram elaboradas no ano 2013- e (ou) não produzem o efeito esperado nos indicadores de manutenção.

1.2 Apresentação da *IKEA Industry Portugal, Lda.*

O Grupo *IKEA*, fundado pelo o sueco Ingvar Kamprad no ano de 1943 em Almhult na Suécia, é uma empresa multinacional que se dedica à produção e comercialização de mobiliário doméstico e artigos de decoração a preços acessíveis. As lojas da *IKEA* encontram-se distribuídas por 28 países, sobretudo em países europeus, totalizando 328 lojas no final do ano fiscal de 2015 que terminou a 31 de agosto de 2015. O grupo *IKEA* conta com 155 mil colaboradores, 975 fornecedores, uma gama de 9500 produtos (em cada ano são lançados no mercado 2500 produtos novos) e totalizou um volume de vendas de 31,9 mil milhões de euros no ano fiscal 2015.

Em 1991, surge o grupo *Swedwood*, dedicado à produção e distribuição de mobiliário de madeira. O grupo *Swedwood* foi criado pela *IKEA* com o intuito de apoiar o seu crescimento e aumentar a sua autossustentabilidade. Mais tarde, em 2013, resultante da fusão da *Swedwood*, *Swedspan* e *IKEA Industry Investment & Development* (IIID), surge o grupo *IKEA Industry*. O

grupo IKEA *Industry* é responsável pela produção de 11% dos produtos disponíveis nas lojas IKEA e apresenta cerca de 20,500 colaboradores espalhados pelas suas 43 unidades fabris. As unidades fabris distribuem-se por 11 países em três continentes (Europa, Ásia e América do Norte), sendo que é na Europa que se localizam a maior parte.

A IKEA *Industry* Portugal, fundada a 21 de abril de 2007 sob o nome de *Swedwood* Portugal, localiza-se em Paços de Ferreira, e fazem parte desta unidade fabril cerca de 1500 colaboradores. A IKEA *Industry* Portugal encontra-se dividida em duas fábricas que representam setores de negócio diferentes: *Board on Frame* (BOF) e *Pigment Furniture Factory* (PFF), apresentado em comum um Armazém, como pode ser visualizado na Figura 1.



Figura 1 - IKEA *Industry* Portugal (fonte: IKEA)

A fábrica PFF dedica-se à produção de partes de mobiliário de cozinha, como frentes de gaveta, cómodas e portas. A fábrica BOF especializa-se na produção de mobiliário de escritório como secretárias, estantes, mesas, etc. A Figura 2, mostra alguns exemplos de produtos fabricados na fábrica BOF. No Armazém são armazenados os produtos acabados das fábricas, para depois serem distribuídos pelas lojas IKEA: a IKEA *Industry* Portugal exporta cerca de 90% da sua produção.



Figura 2 - Exemplo de produtos fabricados na BOF: LACK, BESTÄ & INREDA, MICKE (da esquerda para a direita) (fonte: IKEA)

No ano fiscal FY15 (entre 1 de setembro de 2014 a 31 de agosto de 2015), a fábrica BOF teve um valor de vendas no valor de 112,850 milhões de euros, distribuídos da seguinte forma: a fábrica L&P teve um volume de vendas de 86,462 milhões de euros e a fábrica *Foil* de 25,208 milhões de euros.

1.3 Objetivos do projeto

O objetivo principal deste projeto é de aumentar a disponibilidade dos equipamentos da área *Foil&Wrap*, através da revisão *standard work* nas atividades de manutenção preventiva e 1º nível. De uma forma mais particular, são objetivos desta dissertação:

- Elaborar instruções de manutenção preventiva e 1º nível para a nova unidade *Pre-Coating*;
- Aferir tempos de manutenção 1º nível e formar operadores da unidade *Pre-Coating*;
- Rever e atualizar instruções existentes de manutenção preventiva na linha de produção *Complete Line*.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação encontra-se dividida em 5 capítulos, no qual se inclui o presente capítulo, em que é feita a contextualização do tema do projeto e da empresa onde este ocorreu.

No segundo capítulo é apresentado uma revisão das matérias de gestão da manutenção relevantes para o desenvolvimento deste projeto.

No terceiro capítulo é feita uma descrição dos procedimentos utilizados pelo departamento de manutenção, é descrito o processo produtivo da área onde o projeto se realizou e são analisados os indicadores de desempenho da área.

No quarto capítulo são expostas as propostas de melhorias implementadas e os resultados obtidos da sua implementação.

Por fim, no quinto capítulo, retira-se as conclusões obtidas na elaboração da dissertação e apresenta-se perspectivas de trabalho futuro.

2 Revisão do Estado da Arte

2.1 Manutenção

Para Cabral (2004), a manutenção pode ser definida como "o conjunto de ações destinadas a assegurar o bom funcionamento das máquinas e das instalações, garantindo que elas são intervencionadas nas oportunidades e com alcances certos, por forma a evitar que avariem ou baixem de rendimento e, no caso de tal acontecer, que sejam repostas em boas condições de operacionalidade com a maior brevidade, tudo a um custo global otimizado". O autor Assis (2004) resume a manutenção como sendo "o ato de diagnosticar e reparar, ou prevenir, falhas de um sistema".

Segundo Pinto (1994), são objetivos da manutenção os seguintes fatores:

- Segurança - A manutenção procura garantir a segurança não só dos equipamentos, mas também de todos os que intervêm nestes;
- Qualidade - É objetivo da manutenção melhorar a eficiência das máquinas, as condições de higiene e reduzir a produção defeituosa;
- Custo - Os custos derivados da manutenção e da não manutenção são objeto de estudo da manutenção, que se compromete a minimiza-los de forma a reduzir os custos globais do produto;
- Disponibilidade - É da responsabilidade da manutenção tomar as medidas necessárias que permitam que os equipamentos operem o máximo tempo possível de forma a cumprir com o planeamento de produção.

No entanto, como não é possível atingir valores ótimos para todos estes fatores ao mesmo tempo, a gestão da manutenção ocupa-se em encontrar o ponto de equilíbrio destes de forma a corresponder aos objetivos da empresa (Pinto, 1994). A gestão da manutenção tem como funções delinear um conjunto de ações que otimizem a disponibilidade do equipamento sem negligenciar os custos de funcionamento (Cabral, 2004).

2.2 Tipos de manutenção

As intervenções de manutenção podem ser classificadas em duas tipologias diferentes: manutenção planeada e não planeada. As atividades de manutenção podem ser ainda de natureza corretiva - que pode ser planeada ou não - e de natureza preventiva, que tal como o seu nome indica, é sempre planeada. A manutenção preventiva divide-se ainda em manutenção preventiva sistemática e manutenção preventiva condicionada como se pode ver na Figura 3 (Cabral, 2004). Existem muitas classificações possíveis que variam de autor para autor, sendo consensual a distinção de intervenções preventivas e corretivas. No entanto, alguns autores, tal como Stephens (2010), defendem a existência da manutenção de natureza preditiva, além das outras duas já referidas. Outros autores assumem este tipo de manutenção como subclasse da manutenção preventiva, designando por manutenção preventiva condicionada.

A gestão da manutenção preocupa-se em conjugar da melhor forma estas variantes da manutenção que permitam aumentar a disponibilidade dos equipamentos a um custo mínimo (Cabral, 2004). A descrição dos tipos de manutenção nos próximos subcapítulos, será feita de acordo com a classificação sugerida pelo autor Assis (2004) e descrita pela Figura 3, já que se assemelha ao modelo praticado pela IKEA *Industry* Portugal.

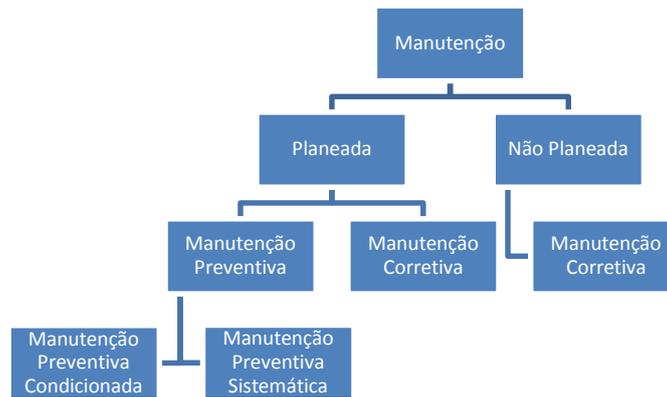


Figura 3 - Tipos de Manutenção (Assis,2004)

Os trabalhos de manutenção podem ser também classificados por níveis, consoante as competências e meios necessários (Pinto, 2002):

- Nível 1 - Ajustagens simples realizadas pelo operador da máquina sem a sua desmontagem ou substituição de elementos acessíveis;
- Nível 2 - Substituição de componentes *standards* do equipamento e operações simples de manutenção preventiva realizadas por um técnico de qualificação média;
- Nível 3 - Diagnóstico e reparação de avarias por "substituição de componentes funcionais" e reparações simples;
- Nível 4 - Trabalhos importantes de manutenção corretiva e preventiva;
- Nível 5 - Trabalhos de "renovação, reconstrução ou execução de reparações importantes confiadas a uma oficina central ou exterior".

2.2.1 Manutenção corretiva

A manutenção corretiva é realizada para corrigir eventuais problemas e avarias que ocorreram num equipamento, com o objetivo de retomar a sua operacionalidade (Cabral,2004). A manutenção corretiva pode ser planeada ou não, consoante se verifica uma irregularidade no componente ou órgão da máquina de forma catastrófica ou se essa irregularidade ocorre de forma progressiva e por isso a intervenção corretiva pode ser executada num momento mais oportuno (Assis,2004). A manutenção corretiva não planeada, por ser apenas aplicada quando se constata uma avaria e não ser feito qualquer planeamento, aumenta os tempos de paragem das máquinas, exige frequentemente a necessidade de trabalho extraordinário e a "formação de *stocks* apreciáveis de peças de reserva" (Pinto, 1994).

A Figura 4 demonstra sequencialmente as atividades realizadas numa manutenção corretiva, desde a deteção da falha até à reposição das condições operacionais do equipamento.

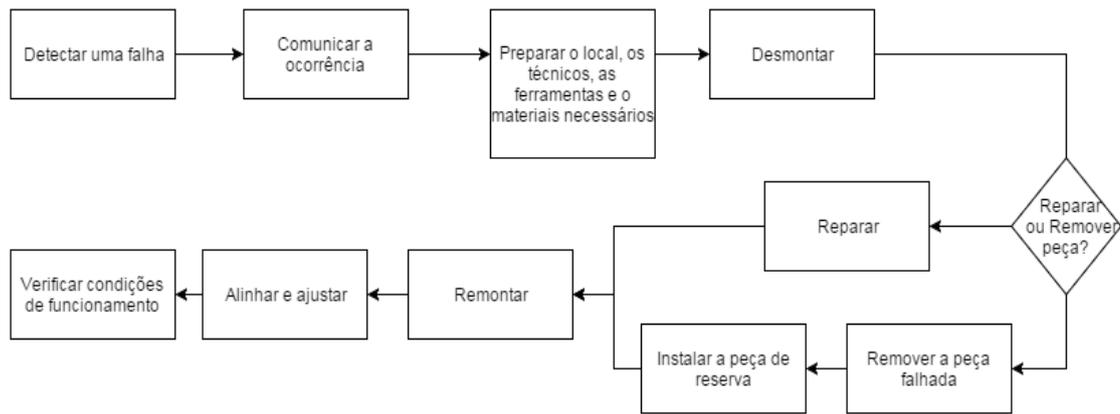


Figura 4 - Ciclo da manutenção corretiva (Assis, 2004)

2.2.2 Manutenção preventiva

A manutenção preventiva é realizada para evitar a ocorrência de avarias e garantir o correto funcionamento do equipamento. As tarefas de manutenção preventiva têm como objetivo prever antecipadamente a ocorrência de uma avaria, reduzir quanto possível as causas e as consequências das avarias (Cabral, 2004). Este tipo de manutenção, é indicado sobretudo para equipamentos com "um padrão de comportamento com certa regularidade, que permite estimar com algum rigor quando as suas características se vão degradar abaixo dos níveis mínimos aceitáveis". Por outro lado, por ser planeada, permite reduzir o nível de stock de peças de reserva, o trabalho extraordinário e o número de paragens não planeadas (Pinto, 1994).

Este tipo de manutenção pode ainda ser dividido em manutenção preventiva sistemática e manutenção preventiva condicionada. Na manutenção preventiva sistemática, realizam-se intervenções com periodicidade fixa e “com base no conhecimento da lei de degradação aplicável a cada caso e do risco de falha assumido” (Assis,2004). Na manutenção preventiva condicional, as intervenções preventivas são realizadas com periodicidade variável, tendo em conta técnicas da manutenção condicionada (análise de vibrações, análise de tendências, etc.) ou através da avaliação do estado de equipamento como por exemplo quanto ao ruído, folgas visíveis, rendimento e parâmetros de funcionamento (Cabral,2004).

2.3 Indicadores de desempenho da manutenção

Os indicadores de desempenho (KPI – *Key Performance Indicators*) utilizados na manutenção com o objetivo de avaliar se os equipamentos estão a cumprir as expectativas, podem ser divididos em três tipos: fiabilidade, manutibilidade e disponibilidade (Pinto, 1994).

2.3.1 Fiabilidade

Para Cabral (2004), a fiabilidade é " a probabilidade de um bem cumprir a função requerida durante um certo intervalo de tempo sob condições especificadas ". Sendo, a avaria uma "alteração ou cessação da possibilidade de um bem ou equipamento realizar uma função pré-determinada", a taxa de avarias λ é um indicador de fiabilidade e é expressa geralmente em número de falhas por horas pela Equação (2.1) (Ferreira,1998).

$$\lambda = \frac{\text{Número de avarias}}{\text{Tempo total de funcionamento}} \quad (2.1)$$

Quando as avarias ocorrem de uma forma aleatória pelo tempo segundo uma distribuição exponencial negativa, na qual a taxa de avarias é constante, o tempo médio entre

avarias, designado por MTBF (Mean *Time Between Failures*) é dado pela Equação (2.2) (Pinto, 2002):

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (2.2)$$

O MTBF é um indicador de fiabilidade do equipamento uma vez que indica a capacidade deste de se encontrar em boas condições por um determinado período de tempo (Cabral, 2014).

Ao longo da vida de um equipamento, a sua distribuição de avarias, pode ser representada por distribuições de probabilidade discretas (Binomial ou *Poisson*) ou contínuas (Weibull, Exponencial, Normal ou Lognormal) (Pinto, 1994).

Teste Laplace

Na manutenção, distingue-se sistema reparável de sistema não reparável. Num sistema reparável, “a avaria de um qualquer dos seus órgãos pode ser influenciada por avarias anteriores”, já que este é reparado após a avaria. Num sistema não reparável, “a avaria de um qualquer dos seus órgãos não influencia avarias posteriores no mesmo órgão” (Assis, 2004).

As expressões dadas pela Equação (2.1) e (2.2) só são válidas, quando as avarias ocorridas num sistema não reparável são independentes entre si e identicamente distribuídas (IID) ou quando a taxa de avarias é crescente para um sistema reparável. Para testar se as avarias ocorrem de forma aleatória pelo tempo, recorre-se a um teste não paramétrico, designado por teste de hipótese de *Laplace*.

Antes de identificar a estatística de teste a aplicar, é necessário definir a hipótese nula H_0 - indica que as avarias são IID ou que a taxa de avarias é constante - a “qual se aceita como verdadeira até evidência em contrário” e a hipótese alternativa H_1 que indica que as avarias não são IID ou que a taxa de avarias não é crescente.

Caso o período de análise coincida com a ocorrência da última falha, o teste é limitado pela última falha, caso contrário, diz-se que o teste é limitado pelo tempo. No teste limitado pelo tempo e no teste limitado pelo número de falhas, a estatística de teste de *Laplace* Z_t assume as formas das Equações (2.3) e (2.4), respetivamente.

$$Z_t = \sqrt{12 \cdot N} \cdot \left(\frac{\sum_1^N t_i}{N \cdot T_0} - 0,5 \right) \quad (2.3)$$

$$Z_t = \sqrt{12 \cdot (N - 1)} \cdot \left(\frac{\sum_1^{N-1} t_i}{(N-1) \cdot T_N} - 0,5 \right) \quad (2.4)$$

Onde:

- t_i . é o momento em que ocorreu a avaria de ordem i
- N . é o número acumulado de falhas
- T_0 . é o momento final do teste limitado pelo tempo. e
- T_N . é o momento final do teste limitado pela última falha

Se a taxa de falhas for aproximadamente constante, o processo é "Poisson homogéneo", senão, diz-se que o processo é "Poisson não homogéneo". No pressuposto de um processo de Poisson, a estatística de teste Z_t segue uma distribuição Normal : $Z_t \sim N(0,1)$. A hipótese nula é rejeitada se Z_t for superior a um valor crítico $Z_{\alpha/2}$ para um determinado nível de significância α (Assis, 2004).

Curva da Banheira

A fiabilidade de um equipamento ou componente durante a sua vida pode ser representado graficamente pela "Curva da Banheira", através da variação da taxa de avarias ao longo do tempo, como pode ser observado na Figura 5 (Pinto, 2002).

Nesta curva é possível verificar que se distinguem três períodos chave: mortalidade infantil, vida útil e degradação.

O início da vida de um equipamento ou componente é caracterizado pela taxa alta de avarias causada essencialmente por "defeitos de fabrico, deficiências de montagem, má condição por inexperiência", entre outros. Este período é denominado de "mortalidade infantil" e nele se verifica uma taxa de avarias decrescente com o tempo, justificado pela correção dos problemas (Pinto, 2002). O autor Assis (2004) frisa a possibilidade da "prática de ensaios dos órgãos em condições de serviço simulado antes da entrada em serviço efetivo" como forma de minimizar a elevada probabilidade de avaria.

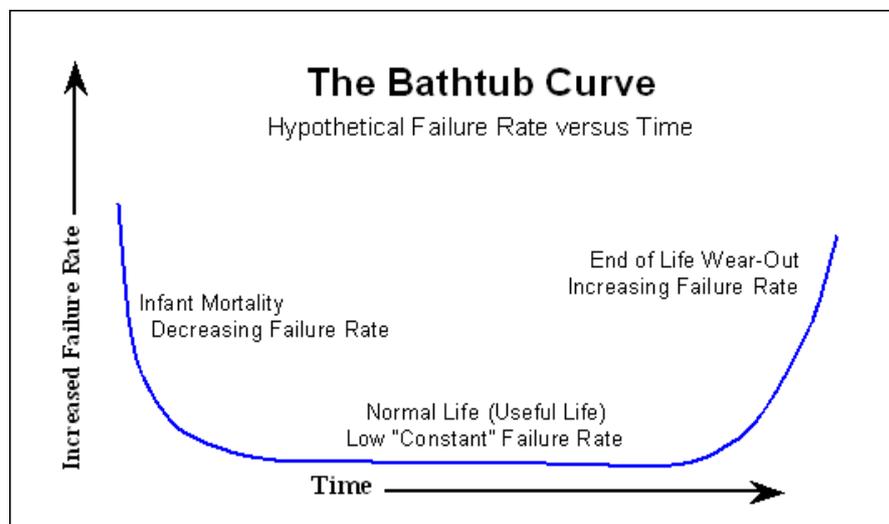


Figura 5- Curva da Banheira in www.weibull.com

Segue-se um período designado por "vida útil", no qual a taxa de avarias mantém-se constante e as avarias ocorrem de uma forma aleatória em que não é possível atribuir uma causa específica e "resultam de valores de esforços ou resistência que ultrapassam os máximos admissíveis, ou ainda de condições externas adversas de ambiente (temperatura, humidade, poeiras, etc.)" (Pinto, 2002).

Por fim, entra-se num período em que se constata um "crescimento contínuo da taxa de avarias, devido ao progressivo desgaste e envelhecimento dos materiais". Este período é conhecido como o "período de degradação".

Segundo Ferreira (1998), esta representação gráfica aplica-se exclusivamente para "equipamentos simples ou para equipamentos com modos de avarias predominantes" e por isso existem seis tipos de evolução da fiabilidade de um equipamento.

Estas três fases distintas da "Curva da Banheira", podem ser representadas pela distribuição de Weibull, através da variação dos parâmetros que a caracterizam. A função densidade de probabilidade e a função distribuição de probabilidade da Weibull são expressas matematicamente pela Equação (2.5) e (2.6), respetivamente.

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad (2.5)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t}{\beta} \right)^\alpha} \quad (2.6)$$

Onde:

- t. é o tempo
- γ . é o parâmetro de localização
- β . é o fator de forma. e
- η . é a vida característica

Em modos de falhas de um sistema, o parâmetro de localização tem um valor aproximado de zero, e por isso não tem efeito na equação.

A variação do parâmetro β , que caracteriza a forma da densidade de probabilidades da Weibull, permite definir casos em que a taxa de avarias é constante, crescente ou decrescente:

- Se $\beta=1$, a taxa de avarias é constante;
- Se $\beta<1$, a taxa de avarias é decrescente;
- Se $\beta>1$, a taxa de avarias é crescente.

2.3.2 Manutibilidade

A manutibilidade é "o conjunto de características do equipamento que determina a maior ou menor facilidade com que pode ser feita a sua manutenção" (Pinto, 1994). Para efeitos de estudo da manutibilidade de um dado equipamento, o indicador utilizado é o MTTR que deriva do inglês *Mean Time to Repair*. O MTTR indica o tempo médio necessário para reparar uma avaria e é expresso pela Equação (2.7), (Cabral, 2004).

$$MTTR = \frac{1}{N} \sum_0^N TTR_i \quad (2.7)$$

Onde:

- TTR_i . é o tempo de reparação. e
- N. é o número de avarias

O tempo de reparação, TTR, compreende os tempos de deteção de falha, identificação dos itens falhados, preparação do local e dos recursos e execução da intervenção que pode implicar uma reparação ou substituição (Assis,2004).

De forma a melhorar este indicador e, por conseguinte, a manutibilidade do equipamento, é necessário reduzir o tempo de deteção de avarias, o tempo da localização a avaria, o tempo de reparação e o tempo de verificação das ações de manutenção (Pinto, 1994).

2.3.3 Disponibilidade

Segundo Pinto (1994), a disponibilidade intrínseca é definida como a "aptidão de um equipamento para se encontrar em estado de funcionar nas condições requeridas". A disponibilidade intrínseca é expressa em percentagem pela Equação (2.8):

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.8)$$

Onde:

- MTBF. é o tempo médio entre avarias. e
- MTTR. é o tempo médio de reparação

A fórmula indica que a disponibilidade intrínseca é função da manutibilidade e da fiabilidade e que por isso a conjugação de valores elevados destes resulta num valor de disponibilidade elevado. É objetivo da gestão da manutenção aumentar a disponibilidade dos seus equipamentos e isso é frequentemente atingido de uma forma mais eficaz através da melhoria da manutibilidade ao invés da melhoria da fiabilidade (Assis, 2004).

2.4 TPM

A manutenção produtiva total, normalmente abreviada TPM, do inglês *Total Productive Maintenance*, é uma filosofia de gestão orientada ao equipamento, que, com a participação de todos elementos, desde operadores de máquina até ao nível superior de gestão, procurar obter a melhoria do rendimento dos equipamentos (Takashia e Osada, 1990).

Esta filosofia praticada pelo TPM inclui as seguintes atividades:

- Procurar continuamente a melhoria da fiabilidade e manutibilidade dos equipamentos e ferramentas auxiliares bem como a normalização das atividades de manutenção;
- Entender a relação entre as condições de funcionamento do equipamento e a qualidade do produto final com o objetivo de excluir produtos defeituosos. Para isso, é necessário também formar os colaboradores de técnicas da garantia da qualidade;
- Entender como melhorar a eficiências das operações e como maximizar a sua duração;
- Educar todos os colaboradores para a importância dos equipamentos fabris e seus auxiliares para a qualidade, quantidade e custo do produto.

Desta forma, a TPM reconhece a importância da disponibilidade operacional dos equipamentos, da *performance* da produção e da qualidade do produto, que são transcritos sob a forma de indicadores de desempenho descritos pelas Equações (2.9), (2.10) e (2.11), respetivamente. Por isso, a TPM criou um indicador de desempenho que é produto desses três KPI's, o *Overall Equipment Efficiency* (OEE), representado pela Equação (2.12), (Borris, 2006).

$$D(\%) = \frac{\text{Tempo total disponível} - \text{tempo de paragem}}{\text{Tempo total disponível}} \cdot 100 \quad (2.9)$$

$$P(\%) = \frac{\text{N}^\circ \text{ unidades produzidas}}{\text{Capacidade de produção}} \cdot 100 \quad (2.10)$$

$$Q(\%) = \frac{\text{Quantidade total produzida} - \text{n}^\circ \text{ unidades defeituosas}}{\text{Quantidade total produzida}} \cdot 100 \quad (2.11)$$

$$OEE(\%) = D \cdot P \cdot Q \quad (2.12)$$

Neste sentido o OEE é calculado tendo em conta as "seis grandes perdas": avarias de equipamentos, *setups* e ajustes, esperas e pequenas paragens, redução de velocidade, defeitos e retrabalho, e por fim perdas de arranque. O objetivo principal do TPM é de eliminar todas estas formas de desperdício e consequentemente obter o valor máximo do OEE (Lobo, 2014).

Para Hansen (2001), o OEE além de indicar o desempenho de uma área de produção, consegue identificar quais os elementos “que estão a limitar um valor maior alto de eficiência”.

3 Análise da Situação Atual

3.1 Fábrica *Foil*

Como já foi dito previamente, a fábrica BOF desdobra-se em outras duas fábricas: a *Lacquer & Print* (L&P) e a *Foil*. Esta divisão deve-se ao facto de o processo produtivo ser diferente, sobretudo no acabamento superficial: na L&P o produto é pintado enquanto na *Foil* o produto é revestido por folha de papel. Ambas as fábricas trabalham em regime de 3 turnos, durante os 5 dias da semana. A Figura 6 permite visualizar o fluxo de produção nas fábricas L&P e *Foil*, descrito por áreas de produção. Em ambas as fábricas as matérias-primas utilizadas são: *High Density Fiberboard* (HDF), *Particle Board* (PB) e Melamina. O Anexo A, mostra o *layout* da fábrica BOF.

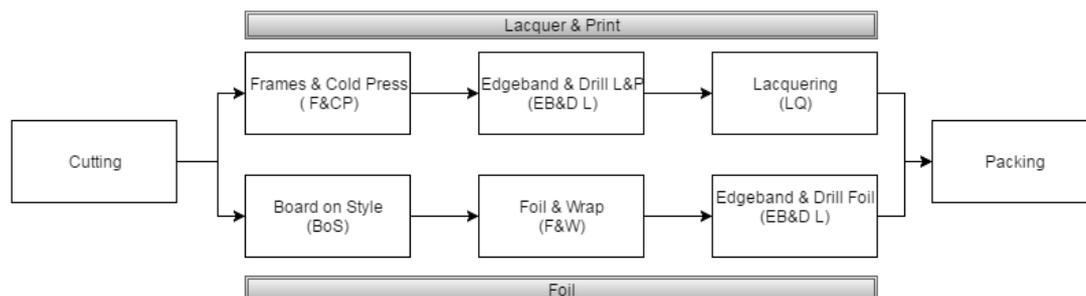


Figura 6- Fluxo produtivo da Fábrica BOF (fonte: Ikea)

A presente dissertação de mestrado em ambiente empresarial realizou-se na área *Foil&Wrap* da fábrica *Foil*, no departamento de Manutenção. O processo produtivo da fábrica *Foil* começa na área de corte (*Cutting*), onde é feita a transformação das placas de HDF, PB, Melamina em placas de menor dimensão ou ripas a serem usadas nas próximas áreas: *Board on Style* (BoS) no caso da *Foil*, *Frames & Coldpress* no caso da L&P. A área de *Cutting* ainda inclui uma outra área com uma linha de produção, a PBP, que aplica uma tecnologia de corte diferente com o objetivo de reduzir o desperdício de madeira.

Na área BoS, as ripas são coladas longitudinalmente sobre o centro e laterais da placa de HDF que serve de base. Os espaços entre ripas na placa HDF são depois preenchidos com cartão “favo de mel” (*honeycomb*), como pode ser observado na Figura 7. Após isso, é colocado HDF no topo e prensado de forma a obter-se o painel que segue por tapetes rolantes até um *buffer* intermédio, antes de chegar à *Foil&Wrap*. Na *Foil&Wrap* é realizado o revestimento de folha de papel nos painéis como vai ser possível analisar mais detalhadamente na secção 3.2.

De seguida, na área *Edgeband & Drill* da *Foil* é feito a colagem das orlas, furação e um corte à peça pela ripa central, ficando dividida em duas peças. Nesta área, também ocorre a inserção das porcas embebidas (*nuts*) nos furos de algumas peças para posterior fixação na montagem. A última área do processo produtivo da fábrica *Foil* é o *Packing*, onde é feito o embalamento dos produtos finais a serem armazenados no Armazém. A área do *Packing* é comum às fábricas L&P e *Foil*, apesar de haver linhas dedicadas especialmente para cada uma.



Figura 7 - Painéis com *honeycomb*

3.2 Processo produtivo da *Foil & Wrap*

O modelo produtivo da área *Foil&Wrap* encontra-se numa fase de transição. Inicialmente, a área *Foil&Wrap* era constituída por uma linha de produção - *Complete Line* (Figura 8) - e um equipamento, *Barberan*. Em 2015, a IKEA Industry Portugal investiu num equipamento – *Pré-Coating* – que se encontra atualmente em fase de testes.

A *Complete Line* opera nos três turnos e está dividida por seis postos de trabalho. Diariamente está programado uma paragem de 1h30min no terceiro turno (das 23h até às 7h) para manutenções de 1º nível e em alguns casos manutenções preventivas.

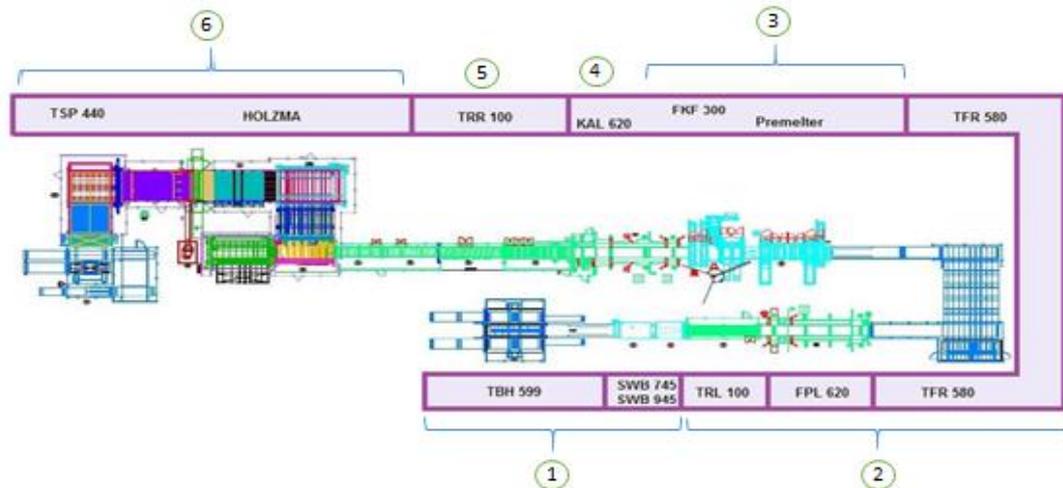


Figura 8 - Layout da *Complete Line*

A pilha de painéis filmados em plástico, provenientes da área BOS, chega à *Complete Line* por meio dos rolos de transporte até à entrada do equipamento Bargstedt TBH 599. Este equipamento faz a alimentação dos painéis para a linha por meio de ventosas, após o colaborador retirar o filme de plástico que envolve a pilha. Posteriormente, os painéis dirigem-se para a calibradora (SWB 745 e SWB 945) que tem como principal função a lixagem dos painéis, colocando o painel à espessura desejada. A calibradora é constituída por duas máquinas: a primeira máquina lixa e calibra a parte inferior do painel e a segunda máquina realiza o mesmo processo na parte superior do painel.

Passado o processo de calibração, os painéis seguem para o posto de trabalho 2 onde numa primeira fase é feita uma calibração à largura, com o fim de obter um painel com a mesma largura em ambos os lados. Os próximos processos deste equipamento (Homag FPL 620) envolvem a lixagem da lateral do painel, a aplicação de endurecedor (*filler*) nas laterais para tapar os espaços no aglomerado e a realização de um boleado e pré-chanfro na lateral para eliminar a aresta viva e com isto não marcar os rolos do equipamento seguinte. Antes de seguir para a laminadora, os painéis são alinhados num Buffer automático com o objetivo de garantir por um determinado tempo o fluxo de material para a laminadora, mesmo que ocorram paragens e/ou avarias em processos anteriores.

No posto de trabalho 3, designado por laminadora (Homag FKF 300), o painel é escovado e pré-aquecido para ser de seguida aplicado endurecedor na face superior e inferior do painel. Após um processo de secagem por meio de lâmpadas ultravioletas o endurecedor fica seco e é aplicada cola uniformemente no painel por rolos aplicadores de cola e é feita a colagem do *foil* na face superior e inferior através da pressão de rolos metálicos sobre o papel. Os rolos de papel necessários para este processo vêm da *Barberan* que se encontra próxima da *Complete Line*. A *Barberan* opera unicamente no turno central e corta os rolos de papel nas medidas pretendidas através de lâminas circulares, para serem depois enviados para o posto da laminadora

No posto de trabalho 4, numa primeira instância é cortado o excesso de papel da parte inferior do painel e realiza-se o chanfro que já tinha sido iniciado pela calibradora. Segue-se a aplicação de *filler* quente na lateral longitudinal, arrefecimento do *filler* e aplicação de cola (*hotmelt*) na lateral do painel. A unidade de reativação reativa o *hotmelt* por lâmpadas UV para depois ser feita a dobragem do papel na zona do boleado e ser iniciado o processo de colagem do papel na lateral do painel. Na 2ª cabine, é realizado o corte de excesso do papel das abas e para alguma gama de produtos é realizada uma ranhura na parte inferior do painel.

Após este processo, os painéis passam pelo posto de trabalho 5, onde são sujeitos a uma inspeção visual enquanto são transportados pelos rolos. Os painéis defeituosos são segregados e transferidos para a qualidade B (os produtos não conformes não continuam na linha).

Uma vez terminada a etapa de colagem do papel (*foil*) e seu envolvimento (*wrapping*) pelo o painel, passa-se para a etapa de corte. No posto de trabalho 6, os painéis em bom estado são cortados transversalmente para formar peças duplas. Em algumas gamas de produtos, o painel pode formar várias peças duplas. Por fim, os painéis são empilhados em *base boards* e filmados em plástico, ficando prontos para serem enviados para a próxima área fabril: *Edgeband & Drill da Foil*. Nesta área, realiza-se a colagem da orla nas partes descobertas de papel após o corte realizado na *Complete Line*.

3.2.1 Introdução da unidade Pré-Coating

O processo produtivo da laminadora, anteriormente descrito, é em parte responsável pela baixa eficiência global da *Complete Line*. A *Complete Line* é considerada a linha mais crítica da fábrica BOF porque além de ser muito suscetível a avarias, origina também muitos defeitos no produto, desde bolhas na superfície, *foil* mal colado, ondas no *foil*, entre outros. O Diagrama de Pareto representado na Figura 8 permite analisar o valor em euros da sucata originada pelas várias áreas e atividades executadas pela fábrica Foil em janeiro de 2016. A sucata engloba toda a matéria-prima ou material não conforme e não retrabalhável que pode ter sido originado no *set-up* do processo, em testes ou devido a erros humanos. Em janeiro, o valor de sucata gerado na fábrica *Foil* representou 2,62% do valor total de produção da fábrica. Através da Figura 9 é possível inferir que aproximadamente 66% das perdas (em euros) em sucata da fábrica *Foil* derivam da área *Foil&Wrap*.

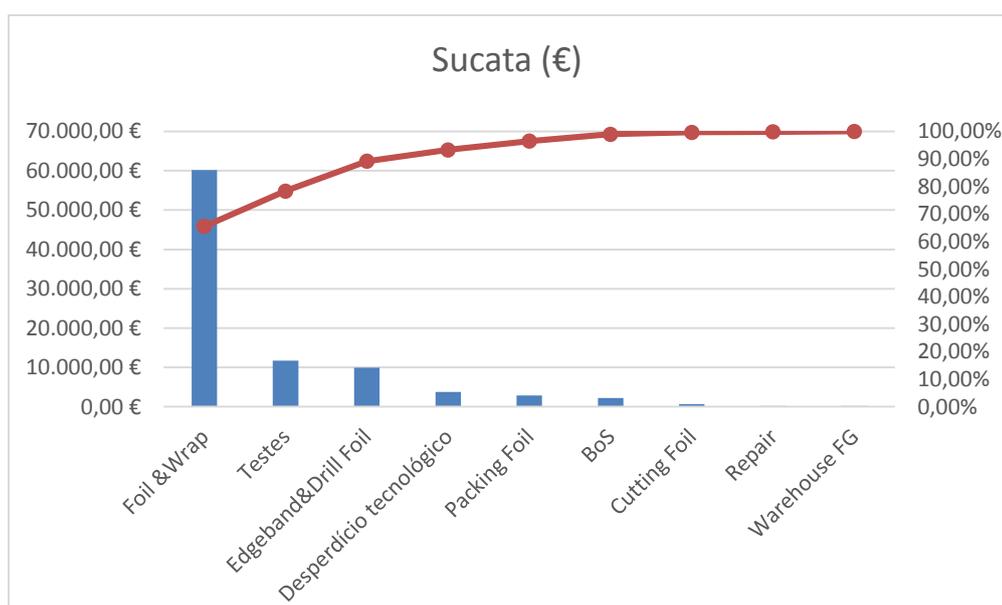


Figura 9 - Valores, em euros, de sucata gerada

Os principais problemas relativos à qualidade do produto ocorrem na aplicação do *foil* no painel com cola na laminadora: o *foil* mal colado é a principal causa de sucata na fábrica.

De forma a reduzir estes problemas de qualidade e problemas relacionados com as avarias (secção 3.5), e com isso tornar a linha mais eficiente, a empresa decidiu apostar numa tecnologia diferente de aplicação do *foil* nos painéis ao investir num equipamento designado por *Pre-Coating*. Por enquanto, este equipamento encontra-se em fase de testes, não havendo ainda uma data definida para a alteração definitiva do processo produtivo. A *Pre-Coating* localiza-se numa sala climatizada da área da PBP, próxima da Complete Line.

A *Pré-Coating* (Figura 10) é uma máquina utilizada para pré-revestimento de papéis decorativos com cola termofusível (*hotmelt*). Quando são executados os testes, os rolos provenientes da *Barberan*, não são enviados para a laminadora da *Complete Line* mas sim para a *Pre-Coating*, onde o papel é revestido com *hotmelt*. A atividade da *Pré-Coating* começa com o desenrolamento por uma bobina da folha contínua de papel. De seguida, a folha contínua de papel passa pelo posto de colagem, onde primeiramente é aquecida numa placa de aquecimento e depois é aplicado por contacto uma fina película de cola *hotmelt* na sua face posterior. A folha segue para uma unidade de contrapressão, onde é pressionada, para posteriormente uma placa refrigerante e um cilindro de arrefecimento, arrefecerem a película de cola quente de forma a “desativar” esta película.



Figura 10 - Máquina de Pré-Coating (Manual técnico da Nordson)

Deste modo, a folha está pronta para sofrer um pequeno corte para ajustamento à largura - para garantir que toda a superfície do papel esteja coberta de cola - e ser de novo enrolada num rolo de cartão para ser enviado para a laminadora da *Complete Line*. Na laminadora, o papel com *hotmelt* é reativado como consequência dos efeitos de pressão e calor aplicados por um rolo laminado.

Em suma, no modelo produtivo atual, o papel é aplicado no painel onde foi previamente aplicada cola, e no modelo futuro o papel com *hotmelt* irá revestir o painel. Com estas modificações, a *IKEA Industry* procura resolver sobretudo os problemas de qualidade observados na aplicação do *foil* no painel pelo método anterior.

3.3 Gestão da Manutenção

3.3.1 Modelo organizacional

A fábrica BOF e PFF apresentam um modelo organizacional distinto, e por isso, cada fábrica possui o seu departamento de manutenção. O organigrama do departamento de Manutenção da fábrica BOF está representado na Figura 11.

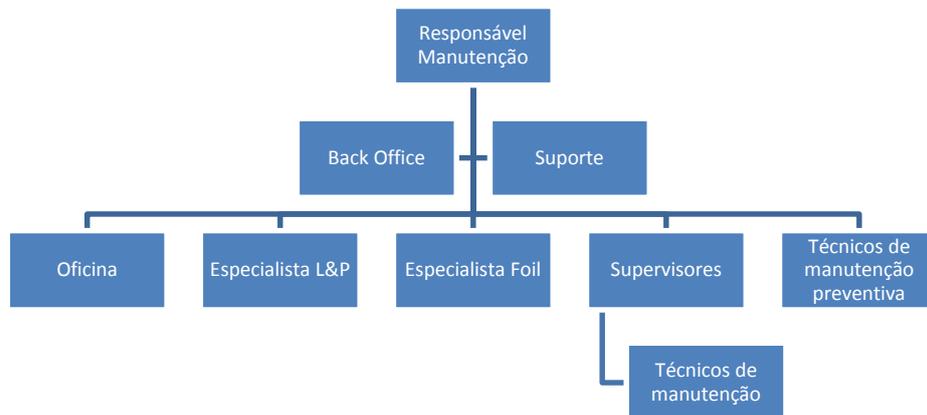


Figura 11- Organigrama do departamento de Manutenção (adaptado do Ikea *Industry* Portugal)

O responsável pelo departamento de manutenção tem como função gerir as atividades de manutenção e delinear as estratégias que permitem a conservação dos equipamentos e o máximo benefício do uso destes.

O responsável de manutenção é coadjuvado nas suas atividades de gestão de manutenção por dois colaboradores: o suporte *backoffice* que é responsável pelas tarefas administrativas do departamento e o suporte que apresenta um conhecimento mais técnico e especializado que o *backoffice* e por isso ajuda na definição de políticas de manutenção e elaboração de planos de manutenção.

Cada fábrica da BOF (L&P e *Foil*) tem associado um especialista da manutenção, com elevado conhecimento técnico dos equipamentos. O suporte também tem funções de especialista em algumas áreas, sobretudo nas comuns entre fábricas. Os especialistas têm um papel de relevo no apoio ao responsável de manutenção no planeamento das manutenções preventivas de acordo com as instruções de manutenção, na resolução de problemas, no contato direto com os fornecedores e no supervisionamento das atividades de manutenção das áreas afetadas.

O departamento de manutenção tem também no seu quadro um responsável pela oficina principal (adjacente ao departamento), com a função de controlar as atividades ali exercidas. Na oficina são feitas intervenções corretivas de órgãos ou componentes reparáveis, bem como a armazenagem de algumas peças de reserva e componentes (elétricos, mecânicos, etc.).

Todos os membros do departamento da manutenção anteriormente referidos trabalham em turno central: das 08:30h até as 17:00h.

Como a fábrica opera em três turnos, existem três equipas de técnicos de manutenção e para cada equipa existe um supervisor. As equipas A, B e C têm respetivamente 8,7 e 6 técnicos de manutenção. Cada técnico está afeto a pelo menos uma área de produção e além de ser responsável por executar as manutenções corretivas e algumas preventivas, deve formar os operadores para as manutenções de 1º nível em caso de necessidade. Os técnicos também são responsáveis pelas oficinas de dimensão mais reduzida, localizadas nas respetivas áreas. Estas oficinas servem para realizar pequenas intervenções ou ter acesso a ferramentas que necessitem e não estejam no carro de ferramentas que transportam consigo nas intervenções.

Por fim, são membros do departamento de manutenção 4 técnicos de manutenção preventiva, também designados por técnicos de manutenção do 4º turno, por serem responsáveis por executar as manutenções preventivas planeadas para os fins-de-semana.

3.3.2 Gestão documental

O IKEA *Industry* Portugal dispõe de um programa de gestão documental, o RISI, que organiza de forma centralizada e em formato digital todas os documentos internos e externos relevantes para a atividade da empresa. Todos esses documentos, quando aprovados, podem ser inseridos neste repositório de informação por um colaborador da empresa autorizado, seguindo um conjunto de procedimentos.

Entre os vários documentos disponibilizados no RISI, as instruções de trabalho – ferramenta essencial para normalização do trabalho - são os documentos de maior relevância no âmbito desta dissertação e por isso este tipo de documentos será descrito de forma mais detalhada.

As instruções de trabalho, arquivados eletronicamente no RISI e em papel nas estações de trabalho, são documentos que descrevem os procedimentos *standards* das atividades a realizar pelos colaboradores e podem cobrir diversas áreas como a manutenção, produção, qualidade, finanças, higiene e segurança, entre outros. Existem vários *templates* para as instruções de trabalho, variando com a complexidade e a frequência de realização da tarefa:

- *Standard Operating Sheet* - Este tipo de documentos, também conhecidos pelo acrónimo de SOS, encontram-se disponíveis em todos os postos de trabalho com o objetivo de descrever a sequência de atividades a executar pelo operador. Além disso, é essencial para a formação dos operadores, visualizar o desperdício no processo e funciona como uma ferramenta de auditoria. O *template* da SOS pode ser observado na Figura B.2 do Anexo B;
- *Work Element Sheet* - Estes documentos, designados pelo acrónimo de WES, estão associados às SOS e têm como objetivo explicar com maior detalhe as tarefas descritas pela SOS. Os operadores guiam as suas rotinas através das SOS, mas em caso de dúvida de como exercer uma determinada tarefa indicada pela SOS, este deverá consultar a WES que lhe está associada, de forma, a compreender melhor. O *template* da WES pode ser observado na Figura B.1 do Anexo B;
- *One Point Lesson* (OPL) – As OPL são utilizadas em situações de maior criticidade e que ocorrem com pouca frequência. Este documento *standard* é utilizado para exibir ajudas visuais e descrever tarefas de resolução de problemas ou lições aprendidas;
- Instrução de *Rework* (IRW) – Documento de complexidade e frequência baixa que servem de apoio às tarefas de retrabalho em artigos embalados e em armazém;
- Folha de parâmetros - Documento de complexidade e frequência baixa de apoio às tarefas de que envolvam parâmetros como, por exemplo, pressão, limites de brilho, etc.

O IKEA *Industry* Portugal atribui grande importância à implementação de *standard work* e como tal, com o objetivo de garantir que este é corretamente aplicado e mantido, todos os responsáveis, desde os *lines leaders* ao responsável do site devem fazer a confirmação do processo, ao verificar que os *standards* são seguidos

3.3.3 Software de apoio à manutenção

O *software* de apoio ao departamento de manutenção é designado por *MaintMaster* e permite planear e controlar todo o processo de manutenção. Fundamentalmente, o *MaintMaster* dispõe do registo e da codificação de todos os equipamentos da unidade fabril, com uma listagem de peças de reserva, permite lançar o plano de manutenções preventivas, reportar avarias, registar o histórico de avarias e exibir relatórios estatísticos.

Relativamente às manutenções preventivas, o *MaintMaster* regista o plano das manutenções preventivas, com todas as informações necessárias para a sua execução: equipamento a intervir, data e tempo planeado para a intervenção e a descrição das tarefas. Através deste registo, o *MaintMaster* notifica as operações preventivas a realizar de acordo com a frequência atribuída para cada equipamento.

Quanto às manutenções corretivas, as avarias verificadas pelo operador são reportadas no *MaintMaster*, através de uma Ordem de Trabalho (OT). Cada ordem de trabalho - identificada por o número da OT - comunica a necessidade de realizar uma intervenção num determinado equipamento. Para isso, é necessário preencher nos campos da OT, todas as informações relevantes para a execução do trabalho: prioridade (se há paragem de produção ou não), categoria da avaria, descrição do problema, sistema (elétrico, mecânico, pneumático, etc.) ou componente que avariou, operador, data e hora da avaria. Após reparar a avaria, o técnico responsável conclui a ordem de trabalho no *MaintMaster*, verificando se todos os dados introduzidos pelo operador estão corretos e ainda reporta data e hora do início de trabalho, ação corretiva realizada, causa da avaria e em alguns casos, código e quantidade de *spare parts* usados. Quando a avaria não é resolvida no próprio dia, deve-se fechar a ordem de trabalho e abrir uma tarefa de seguimento.

Através de todo este registo estruturado de informação acerca de manutenções corretivas e preventivas realizadas, o *MaintMaster*, disponibiliza o registo histórico de cada equipamento, o que permite a monitorização e medição do desempenho das atividades de manutenção através do cálculo de KPI's.

3.4 Tipos de manutenção praticada

Neste subcapítulo são descritos os procedimentos (de acordo com a documentação disponível na empresa) relativos às formas de manutenção realizada pela IKEA *Industry* Portugal: manutenção preventiva sistemática ou condicionada e corretiva urgente ou planeada. Estes tipos de manutenção praticados pela empresa vão de encontro com o modelo que o autor Assis (2004) defende e que foi descrito no Capítulo 2. De realçar que o departamento de manutenção tem focado ultimamente os seus esforços na manutenção preventiva, em detrimento da manutenção corretiva, como forma de melhorar a fiabilidade dos equipamentos. A empresa também inclui os operadores em atividades de manutenção (manutenção 1º nível) como forma de conservar o equipamento.

3.4.1 Manutenção de 1º Nível

As manutenções de 1º nível são da responsabilidade dos operadores e incluem tarefas de limpeza, algumas lubrificações, inspeções e outras tarefas simples que não exigem desmontagens complicadas. Em alguns casos, os técnicos podem acompanhar os operadores com o objetivo de os ajudar nas manutenções de 1º nível. Diariamente, está programado a paragem das linhas de produção para os operadores poderem realizar as manutenções de 1º nível.

Desta forma, os equipamentos do processo produtivo e seus auxiliares têm um plano de manutenção de 1º nível, que inclui o equipamento a intervir, as respetivas operações de

manutenção, a sua periodicidade e duração expectável. Todas estas informações encontram-se disponíveis nas instruções de trabalho (SOS e WES).

Nas linhas de produção, existe um impresso (Registo de Manutenção de 1º Nível) com os planos de manutenção 1º. O *team leader* deve verificar se existem os meios necessários para executar as tarefas, fazer o levantamento das instruções de trabalho a utilizar (encontram-se nos postos de trabalho), e entregar o *kit* de ferramentas para os operadores. Antes de cada operador executar as manutenções de 1º nível aos equipamentos que lhe estão atribuídos, o *team leader* deve assegurar que o LOTO – *Lockout/Tagout* – está em vigor e que as máquinas foram devidamente desligadas. O LOTO consiste numa ação de segurança realizada nos equipamentos a intervir através do uso de dispositivos de bloqueio (bloqueia as fontes de energias das máquinas) e etiquetagem.

Após a realização das tarefas de manutenção 1º nível, deve preencher no registo a cores verde, amarelo ou vermelho, com os seguintes significados:

- Cor verde – Manutenção realizada com resultado *OK*;
- Cor Amarela – Manutenção realizada com resultado *NOK*, ou falta concluir;
- Cor Vermelha – Manutenção não foi realizada.

Se existirem casos críticos que não possam ser resolvidos pelo operador, este deve comunicar ao *team leader* que tem como responsabilidade abrir uma folha OT no *MaintMaster*. Caso o operador tenha uma sugestão de melhoria relativamente às instruções de trabalho, SOS e WES, este deve criar um VDO (*Voz do Operador*) que também se encontram nos postos de trabalho. Em periodicidades definidas, são também realizadas auditorias para verificar se os procedimentos da manutenção 1º nível estão a ser realizados e identificar oportunidades de melhoria.

3.4.2 Manutenção corretiva

Os técnicos de manutenção internos são responsáveis por executar as manutenções corretivas tendo em conta os procedimentos a seguir descritos. Por vezes, quando a atividade corretiva é complexa, é necessário subcontratar técnicos externos para corrigirem o problema.

Quando ocorre uma avaria num equipamento, o operador abre uma Ordem de Trabalho no *software* de manutenção, *MaintMaster*. O técnico de manutenção responsável pela linha, após ser informado da avaria, executa as ações corretivas necessárias. Caso se verifique que a anomalia não necessita de correção urgente, pode ser aberta uma ação corretiva planeada para um momento mais adequado.

Depois de consertar a avaria detetada, o técnico segue os passos necessários para concluir a Ordem de Trabalho no *software*. Se a avaria é recorrente, o técnico deve sugerir uma abordagem de análise sistemática de resolução de problemas (*RCPS- Root Causes Problem Solving*) ou uma ordem de trabalho preventiva.

Caso o técnico não tenha conseguido resolver a avaria durante o seu turno, deverá reunir-se com o técnico do turno seguinte para trocar informações necessárias para o seguimento das operações corretivas, tais como o diagnóstico da avaria e o trabalho corretivo já realizado. Além disso, devem ser registadas todas as situações pendentes no quadro de Seguimento Passagem de Turno, bem como o seu nível de prioridade, o estado em que se encontra no ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) e o número e data da abertura da OT publicada pelo responsável do turno em serviço. Estes quadros encontram-se localizados em cada área de produção.

Caso o técnico necessite de uma peça de reserva que não exista em *stock* no Armazém de Peças, é necessário pedir orçamento aos fornecedores. Depois de se analisar os orçamentos

e de se escolher o fornecedor, é emitido uma ordem de encomenda após aprovação das pessoas competentes.

Atualmente a IKEA Industry Portugal está a desenvolver um novo programa de manutenção – *Operator Maintenance* – que consiste em formar os operadores para se tornarem mais autónomos ao realizarem pequenas manutenções corretivas e fazerem o controlo do processo. Pretende-se com isto aumentar a disponibilidade dos equipamentos, reduzir custos de manutenção, reduzir defeitos no produto e taxa de acidentes e incidentes.

3.4.3 Manutenção preventiva

A execução dos planos de manutenção preventiva dos equipamentos fabris da fábrica BOF são da responsabilidade dos técnicos de manutenção, e também de técnicos externos, nomeadamente das empresas fornecedores de equipamentos.

Os trabalhos de manutenção preventiva estão divididos consoante é necessário uma inspeção ou uma intervenção. Os trabalhos de manutenção preventiva de carácter interventivo estão calendarizados principalmente para os fins-de-semana, quando há paragem de produção. No entanto, sempre que possível, também são executados alguns trabalhos em paragens programadas – paragem para *setup*, paragem manutenção 1º nível - durante a semana, sobretudo as intervenções pendentes que não foram possível de realizar no fim-de-semana. É intenção do departamento de manutenção que as inspeções sejam feitas preferencialmente durante a semana (por vezes podem ser realizadas com a máquina em funcionamento), mas isso nem sempre é possível.

Todos os equipamentos do processo produtivo têm um plano de manutenção preventiva, cujas informações devem ser inseridas no *software* de manutenção *MaintMaster*. Desta forma, cabe a cada especialista da manutenção distribuir as operações de manutenção preventivas relativas à sua área, pelos técnicos de manutenção e garantir que estes têm os meios necessários para as executar.

Com o apoio das instruções de trabalho criadas (SOS e WES), que se encontram de acordo com os planos de manutenção introduzidos no programa, os técnicos realizam não só as operações previstas, mas também inspecionam os equipamentos e registam os problemas críticos observados através do documento “Manutenção *Check-List* inspeção”.

De seguida, os técnicos devem fechar no *MaintMaster* as operações preventivas realizadas e entregar o documento “Manutenção *Check-List* inspeção” ao responsável de manutenções preventivas. Se nesse documento estiverem registados problemas com urgente necessidade de resolução, esses problemas são direcionados para o plano de manutenções corretivas.

Embora com menor frequência, são conduzidas também ações de diagnóstico por empresas subcontratadas com a finalidade de medir determinados parâmetros que indiquem o estado de degradação de alguns equipamentos.

3.5 Indicadores de desempenho

Atualmente, o departamento da manutenção do IKEA Industry Portugal calcula vários indicadores de desempenho desde uma forma macro, por fábrica, até micro, por área. Estes indicadores fornecem informações úteis e indispensáveis para a manutenção, numa perspetiva de melhoria contínua.

Relativamente às fábricas, os KPI's – *Key Performance Indicators* – calculados relativos à manutenção são sobretudo: a disponibilidade intrínseca, o cumprimento do plano de manutenção preventiva, o cumprimento do *budget*, o rácio entre tempo executado em manutenções preventivas em relação ao tempo total gasto em manutenções, custos de manutenção e horas extras efetuadas da equipa de manutenção. Mensalmente são apresentados

os seguintes indicadores de desempenho por área: disponibilidade, taxa de avaria, tempo médio entre avarias, tempo de inatividade e cumprimento do plano de manutenção preventiva. Em cada área de produção, existe um Quadro de Área, que mostra graficamente os valores destes indicadores.

A empresa dispõe do *software Maintmaster* para o registo de todas as informações necessárias para o cálculo dos indicadores. Para cada ano fiscal, a empresa propõe objetivos a atingir para cada um dos indicadores de desempenho, de forma a poder comparar com os valores obtidos e agir de forma eficiente para os cumprir.

Nos subcapítulos 3.5.1, 3.5.2 e 3.5.3, estão apresentados os gráficos de alguns KPI's relevantes no âmbito deste projeto, compreendidos no período temporal de setembro de 2015 até fevereiro de 2016.

3.5.1 Análise aos KPI's por fábrica

A Figura 12 compara os valores da disponibilidade (em percentagem) entre a fábrica L&P e da fábrica *Foil*, obtidos de acordo com a Equação 2.8,

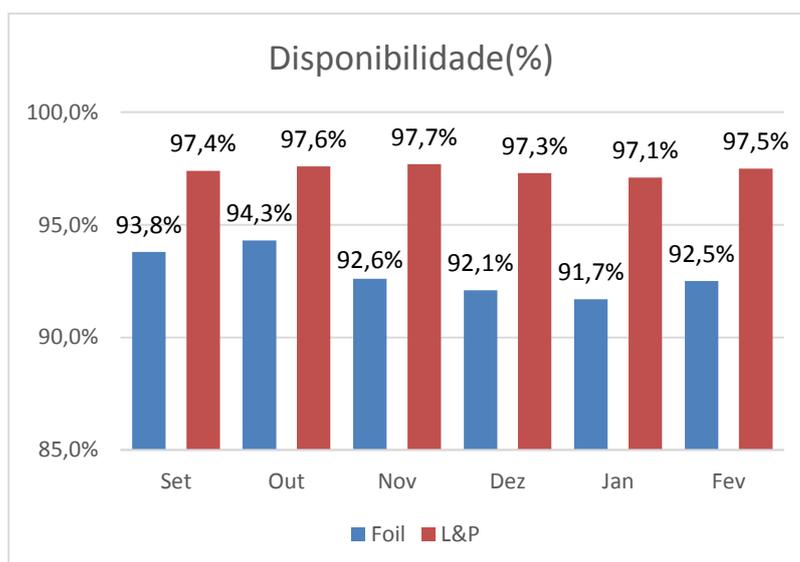


Figura 12 - Histograma de disponibilidade das fábricas da BOF

No período em análise, é possível constatar que a disponibilidade da L&P é superior à disponibilidade da *Foil*. Os objetivos propostos pela empresa refletem esta diferença observada entre a disponibilidade das duas fábricas: a empresa procura atingir um valor de disponibilidade para o ano fiscal 2016 (entre 1 de setembro de 2015 a 31 de agosto de 2016) de cerca de 93.70% para a fábrica *Foil* e 97.50% para a fábrica L&P.

Na Figura 13, observa-se a comparação do cumprimento da manutenção preventiva entre fábricas. Este indicador mede o compromisso da empresa com a política da manutenção preventiva e resulta do rácio entre o número de tarefas preventivas realizadas e o número planeado de tarefas preventivas. Nos últimos três meses, a diferença deste indicador entre as fábricas é mínima. No entanto, estes valores ainda se encontram aquém dos objetivos propostos pela empresa - para ambas as fábricas, pede-se que o cumprimento da manutenção preventiva atinga os 90% - já que só por uma vez foi atingido (a fábrica L&P cumpriu com 91.2% das manutenções preventivas planeadas no mês de outubro).

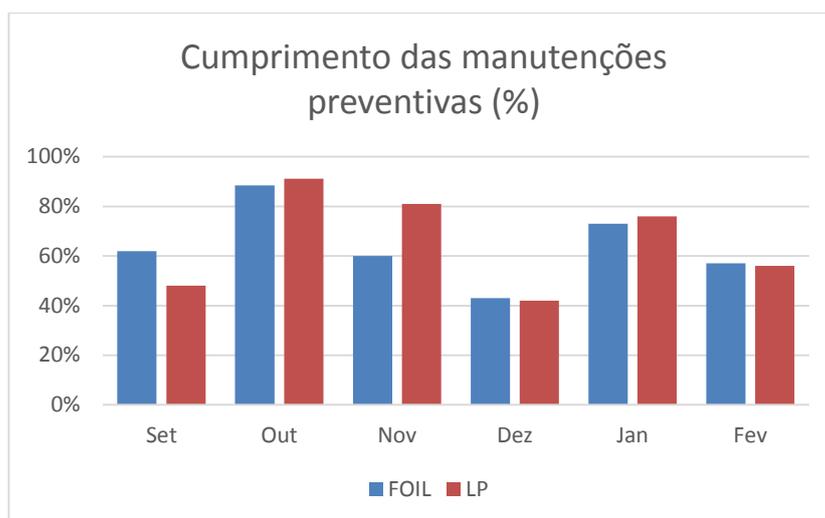


Figura 13 - Histograma do cumprimento das manutenções preventivas nas fábricas BOF

A sobrecarga de manutenções preventivas em alguns períodos é uma das causas para estas diferenças constatadas. Num mesmo fim-de-semana, o equipamento pode estar sujeito a intervenções de manutenção preventiva de diferentes periodicidades que não são possíveis de cumprir na sua totalidade. O planeamento das manutenções preventivas é também afetado devido à falta de precisão relativamente às horas estimadas para cada atividade preventiva. Por vezes, os técnicos realizam todas as manutenções preventivas planeadas em tempo inferior ao estimado. Essas horas remanescentes poderiam ser aproveitadas para antecipar a realização de algumas preventivas e com isto evitar sobrecargas de trabalho no futuro. Face a esta situação, a empresa procura distribuir de forma equilibrada as cargas horárias com o intuito de atingir valores próximos dos objetivos.

3.5.2 Análise à disponibilidade por áreas

A Figura 14, exibe os valores médios da disponibilidade de todas as áreas da fábrica BOF desde o início do ano fiscal até o mês de fevereiro – *Year to Date* (YTD) - e os valores objetivos – *Goal* - para o ano fiscal 2016. É possível verificar que a área *Foil & Wrap* da fábrica *Foil* é a mais crítica em termos de disponibilidade.

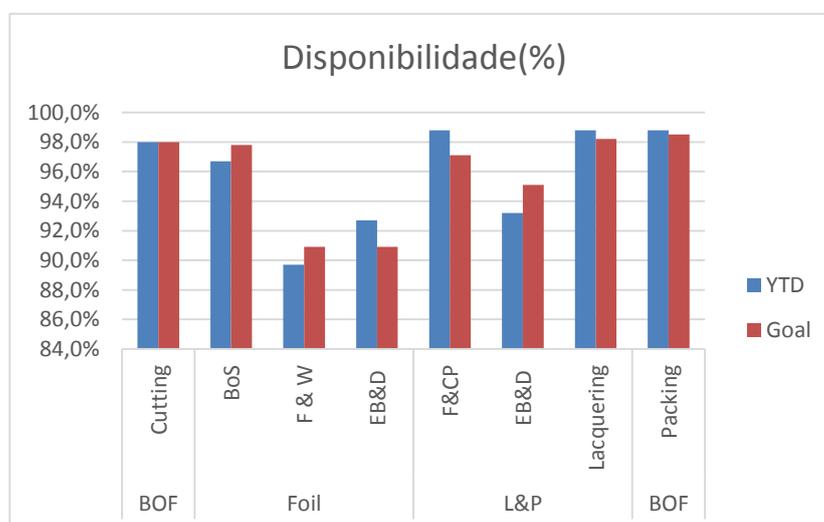


Figura 14 - Histograma da disponibilidade das áreas da fábrica BOF

A Figura 15 descreve o comportamento dos valores da disponibilidade entre as três áreas exclusivas da fábrica *Foil* ao longo dos meses em estudo, permitindo uma análise temporal que a Figura 14 não permite. Assim, é possível verificar que os valores de disponibilidade das áreas *Foil & Wrap* e *Edgeband & Drill* tem sido semelhante nos últimos meses, mas ainda distantes dos valores de disponibilidade da área BOS.

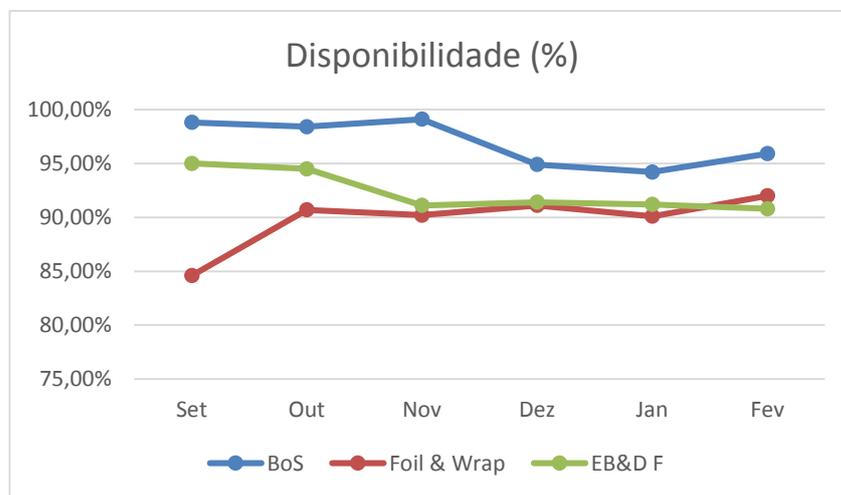


Figura 15 - Gráfico que compara valores de disponibilidade entre as áreas da Foil

Atualmente e face a estes valores, a *Complete Line* é a única linha que além de ter paragens diárias para manutenções de 1º nível tem também uma paragem diária programada de 1 hora só para realizar manutenções preventivas. Com esta medida, a *IKEA Industry Portugal* pretende reduzir a ocorrência de avarias.

3.5.3 Análise aos KPI's da área *Foil & Wrap*

Relativamente à área *Foil & Wrap*, a área mais crítica em termos de disponibilidade, o tempo médio entre avarias (MTBF), expresso em minutos, cumpriu em todos os meses do período de análise o objetivo da empresa (MTBF=500 minutos) como pode ser observado na Figura 16. O valor máximo atingido foi em dezembro, com um MTBF de 1175 minutos, e o valor mínimo em setembro com um MTBF de 626 minutos.

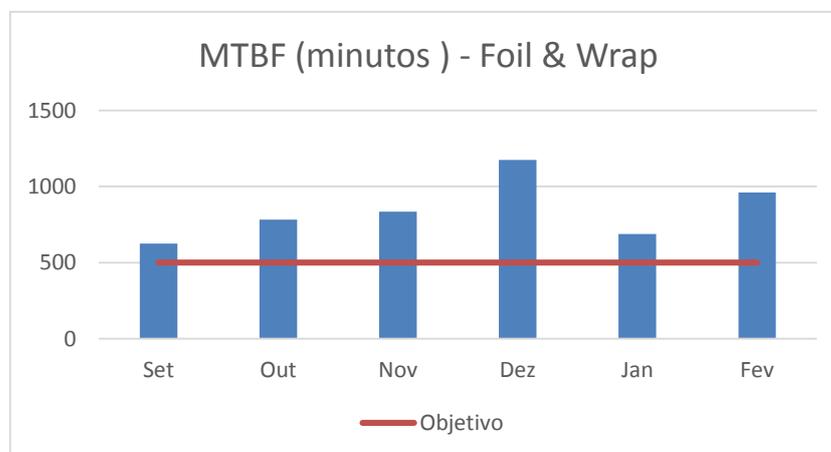


Figura 16 - Histograma dos tempos médios entre avarias da F&W

A Figura 17 representa o tempo de inatividade em minutos da área F&W. O tempo de inatividade resulta da soma do tempo médio de reparações, MTTR, com o tempo médio de

espera MWT (*Mean Waiting Time*). O MWT compreende o tempo desde que ocorre a avaria até ao momento em que se dá início à reparação.

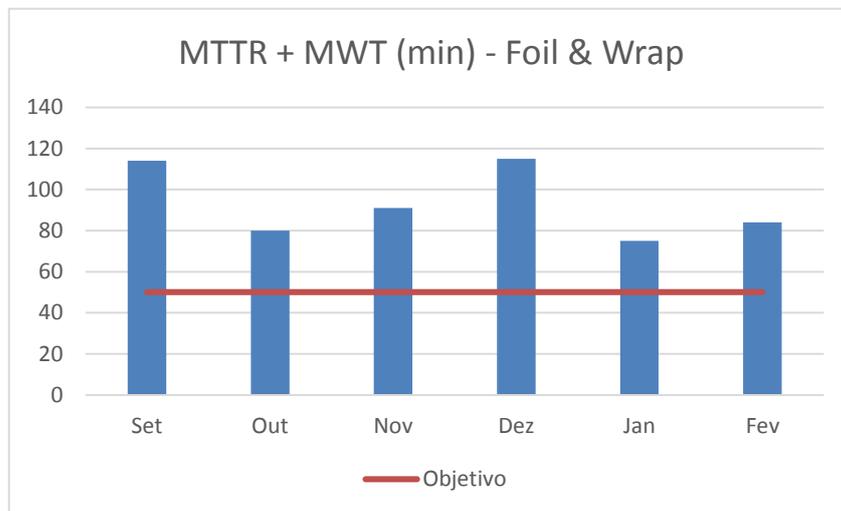


Figura 17 - Histograma dos tempos de inatividade da F&W

O cálculo do indicador de desempenho OEE é da responsabilidade do departamento dos processos e o seu valor é obtido de forma diferente da Equação 2.12. Para efeitos de cálculo do OEE, a empresa ignora da Equação 2.12 o índice da qualidade (é avaliado individualmente), e por isso o valor do OEE só depende do índice da disponibilidade e da *performance*.

Da análise do Figura 18, verifica-se que os valores do OEE para a área F&W durante os meses em estudo foram inferiores a 50%, isto é, mais de metade do tempo disponível de produção é desperdiçado.

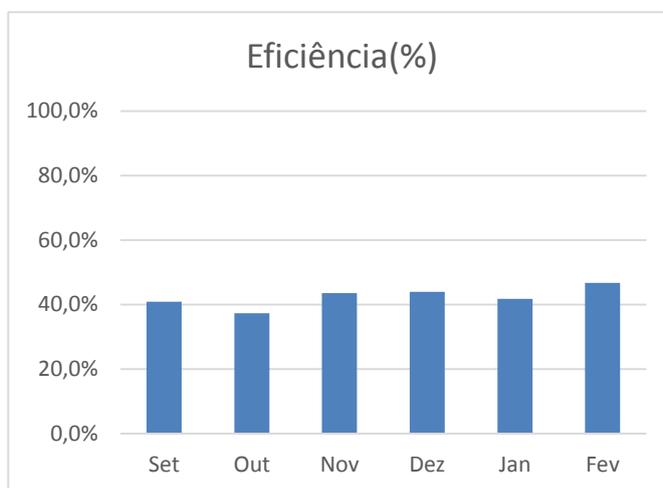


Figura 18 - Histograma de eficiência da área F&W

Da análise dos valores discriminados da disponibilidade e da *performance*, possíveis de visualizar na Figura 19, conclui-se que este valor é em grande parte justificado pela ineficiência causada pelas perdas de velocidade e as micro-paragens. Por outro lado, é de referir que, por vezes, as manutenções preventivas são mal realizadas durante os fins-de-semana e esses erros só são detetados na realização do *setup* no início da semana pelos operários do 1º turno (Domingo às 23:00h), agravando os tempos de *setup* e consequentemente o indicador de disponibilidade.

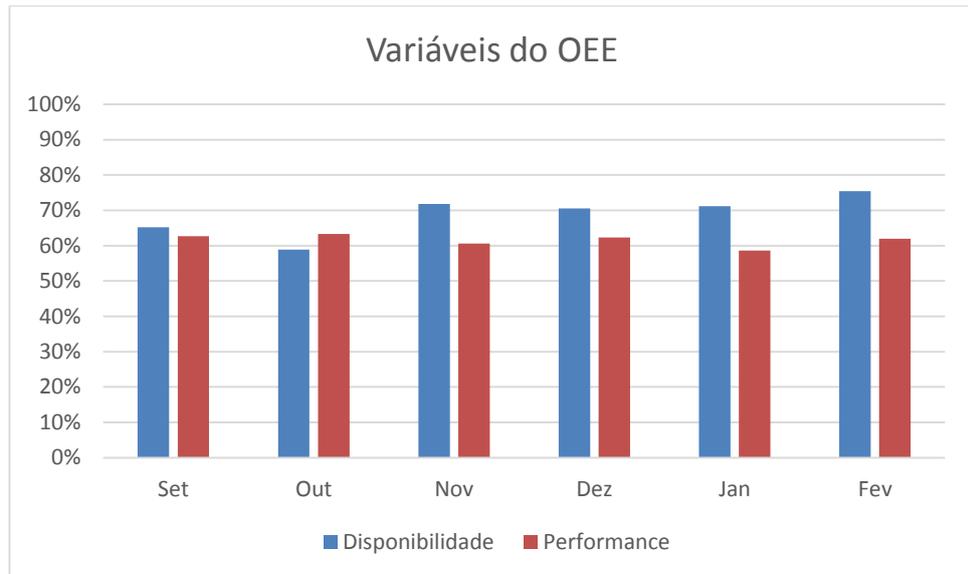


Figura 19 - Histograma do índice de disponibilidade e performance da área F&W

3.6 Problemas identificados

De uma forma sintetizada, alguns dos problemas ou necessidades identificadas pelo departamento de manutenção são descritos em seguida:

- Não existem procedimentos *standard* das tarefas de manutenção preventiva do equipamento *Pre-Coating*;
- As instruções de manutenção preventiva da linha de produção *Complete Line* não estão atualizadas e não estão a produzir o efeito esperado nos indicadores de manutenção;
- As intervenções preventivas realizadas aos fins-de-semana nem sempre são executadas corretamente, o que afeta os tempos de *setup* do início de semana;
- O cumprimento do plano de manutenção é afetado por sobrecarga de ações de manutenção preventiva em alguns fins-de-semana que não é possível executar no tempo disponível.

Posto isto, há necessidade de normalizar as tarefas de manutenção preventiva para o equipamento *Pré-Coating*. Atendendo que a *Complete Line* é a linha de produção mais crítica da fábrica BOF, é necessário rever as instruções de manutenção e identificar pontos de melhoria.

4 Apresentação e implementação das soluções propostas

No âmbito deste projeto de dissertação, realizou-se a padronização das tarefas de manutenção para o equipamento *Pre-Coating*, para a linha *Complete Line*, para a área *Lacquering* e para os sistemas automáticos de transporte e armazenamento dos materiais da fábrica *Foil*.

Estas instruções de trabalho foram realizadas de acordo com o *template* dos documentos SOS e WES, descritos no subcapítulo 3.2.2, e são destinadas a ser utilizadas por operadores e técnicos de manutenção, no apoio das suas atividades de manutenção. Na sua realização, distinguiu-se as tarefas de manutenção 1º nível – realizadas pelos operadores – das tarefas de manutenção preventiva que são realizadas pelos técnicos de manutenção.

As tarefas de manutenção preventiva são ainda divididas em ações de manutenção preventiva de inspeção e de intervenção. Nas ações de manutenção preventiva de inspeção é feita uma verificação do estado e funcionamento de um órgão ou componente. De acordo com a avaliação do técnico, é feita uma ação corretiva imediata ou planeada, consoante a sua emergência. Por outro lado, as manutenções preventivas de intervenção envolvem lubrificações, substituição de componentes, limpezas, etc.

Após finalizadas e aprovadas pelo responsável do departamento de manutenção, inseriu-se as instruções no repositório de informação - para todos os colaboradores terem acesso às informações contidas nestas - e disponibilizou-se as mesmas em capas localizadas nos postos de trabalho. Colocou-se também as instruções no *software Maintmaster*, anexadas aos planos de manutenção preventiva.

4.1 Padronização da manutenção da *Pre-Coating*

Como já foi referido anteriormente, as instruções de trabalho de manutenção para o equipamento *Pre-Coating* não existiam, e por isso criou-se as tarefas de manutenção a realizar no equipamento de forma a garantir um bom funcionamento do equipamento. As atividades planeadas para a manutenção da *Pre-Coating* sofreram vários processos de triagem, até se obter os documentos finais.

Numa primeira fase, realizou-se procedimentos *standard* de manutenção com base na informação contida no manual técnico do equipamento. No entanto, foi necessário reajustar algumas indicações do manual técnico do fornecedor, já que a *IKEA Industry Portugal* fez algumas alterações em componentes do equipamento *Pre-Coating*. Mais tarde, decorrente do feedback de uma unidade fabril da *IKEA Industry* na Polónia, que possuía o mesmo equipamento, e da experiência dos operadores, técnicos e especialista, chegou-se aos documentos finais. A periodicidade de execução destas atividades foi também realizada de acordo com a opinião dos colaboradores intervenientes no projeto e na adaptação das informações relatadas no manual do equipamento: a *Pre-Coating* irá operar em regime de dois turnos.

Na fase de implementação da manutenção 1º nível, além de se testar e validar em conjunto com os operadores as tarefas a realizar, recolheu-se também os tempos individuais de cada atividade. Depois, reuniu-se com o formador de área, para o elucidar sobre como são executadas as atividades de manutenção de 1º nível contida nas instruções, e com isto, este poder formar futuros operadores do equipamento acerca das suas responsabilidades ao nível da manutenção.

Dividiu-se as instruções de manutenção de 1º nível de acordo com a sua periodicidade de execução, resultando em manutenções de 1º nível diárias e quinzenais. As atividades com periodicidade quinzenais são realizadas no fim do último turno de sexta-feira, em conjunto com outras tarefas de fecho semanal. A Figura 20, ilustra um extrato da instrução de manutenção 1º nível diária para a *Pre-Coating*.

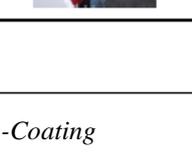
 IKEA Industry Paços de Ferreira		<h2 style="margin: 0;">Work Element Sheet</h2> 		Data de Aprovação	30-05-2016	WES-5545	00
				Tempo Total	00:46:00	ELABORADO POR:	Diogo Oliveira
				APROVADO POR:	Marcio Machado		
FÁBRICA:	FOIL	ÁREA:	Foil&Wrap	LINHA/ POSTO TRABALHO:	Pre-Coating	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:	Todos
MANUTENÇÃO 01º NÍVEL		Foil - F&W - CL - Pré-Coating - Manutenção 1º Nível Diária				INFORMAÇÃO ADICIONAL:	
		MANUTENÇÃO 1º NÍVEL					
Nº	Símbolo	Atividade, O quê?	Pontos chave, Como?	Porquê?	Ilustrações		
1		Verificar cuidados a ter com os equipamentos antes de realizar a manutenção, através dos procedimentos LOTO		Para a segurança do operador			
2		Limpar exteriormente zona do aplicador de cola	Com um cartão remover os restos de cola que se encontram na zona do aplicador de cola. Depois com um pano e spray de limpeza, limpar os resíduos de cola que não conseguiram ser removidos com o cartão. É obrigatório o uso de manguitos.	Para não acumular restos de cola.			
3		Examinar o aplicador de cola para procurar danos exteriores	Visualmente	Para o correto funcionamento da máquina			
4		Remover os restos da folha contínua de materiais da área do dispositivo de enrolamento e de desenrolamento	Manualmente	Para o correto funcionamento da máquina			
6		Verificar o rolo de aquecimento e zona envolvente quanto à sujidade provocada pelo material e, se necessário, limpar	Utilizar pano macio e spray de limpeza	Para o correto funcionamento da máquina			
8		Examinar o rolo de aquecimento e zona envolvente para procurar danos exteriores	Visualmente	Para o correto funcionamento da máquina			
7		Limpar superfície do secador ar comprimido	Remover o pó solto com um pano macio e spray de limpeza	Para o correto funcionamento da máquina			
8		Verificar o secador ar comprimido quanto ao nível de danos exteriores e ruídos anormais	Visualmente/Auditivamente	Para o correto funcionamento da máquina			
AJUDAS EHS / CHAVE:				OBSERVAÇÕES:			
							

Figura 20 - Exemplo de WES para a manutenção 1º nível da *Pre-Coating*

Neste caso, como se trata de um conjunto de atividades a executar pelo operador, realizou-se as instruções exclusivamente em formato WES, dada à necessidade de detalhar estas atividades e colocar fotografias dos componentes em que será feita a intervenção, para facilitar as tarefas do operador. Através da visualização da Figura 20 constata-se que é necessário preencher na WES todas as informações que permitam identificar o equipamento a intervir, o número sequencial da tarefa a realizar, a descrição dessa tarefa e o símbolo que se adequa a essa atividade. É ainda necessário descrever qual o material necessário para a sua execução, o motivo pelo qual a tarefa é realizada, apresentar imagens ou esquemas relativos à atividade e indicar o tempo total da tarefa.

Por outro lado, instruções de manutenção preventiva foram realizadas de acordo com o *template* SOS. Neste caso, apesar de existir distinção entre inspeção e intervenção, as instruções com diferente periodicidade foram agrupadas no mesmo documento por uma questão de comodidade, já que o número de atividades é reduzido. De referir que nestas instruções não se incluem algumas atividades a realizar na máquina aplicadora de cola por serem da responsabilidade de técnicos externos da empresa fornecedora do equipamento.

A Figura 21 expõe um extrato da instrução de manutenção preventiva de intervenção para a *Pre-Coating*.

Ikea Industry Paços de Ferreira		Standard Operating Sheet				DATA Aprovação	03-05-2016	SOS-3330	00		
FÁBRICA: FOIL		ÁREA:	LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:	TEMPO TOTAL ROTINA	INFORMAÇÃO ADICIONAL:				
LacquerPrint e Foil		Foil & Wrap	CL	Pre-Coating	Todos		Diogo Oliveira Marcio Machado				
Foil - F&W - Pre-Coating - Manutenção Preventiva Intervenção											
Nº	WES	Atividade	Variante	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout			
Manutenção Preventiva Intervenção Semanal											
1	WES-6566	Substituir pequeno filtro do aplicador de cola e limpar todas as outras peças do cartucho filtrante				0	Material a utilizar: Filtro 263840 - C0218226; Vedantes 260268 - C0218188; Vedantes 260282 - C0218228;				
Manutenção Preventiva Intervenção Quinzenal											
2	WES-6568	Lubrificar todos os rolamentos dos cilindros.				0	Material a utilizar: Lubrificante Molykote G27				
3	WES-6567	Lubrificar as rodas dentadas do equipamento de corte.				0	Material a utilizar: Spray Lubrificante				
4	WES-6568	Lubrificar parafuso sem fim da engrenagem oscilante do rolo despicador.				0	Material a utilizar: Massa lubrificante Molykote G27				
Manutenção Preventiva Intervenção Bi-Mensal											
6	WES-6569	Lubrificar as correntes de rolos do dispositivo de enrolamento. Em caso de sujidade, retirar e limpar.				0	As correntes de rolos dos acionamentos encontram-se atrás das oberfuras da caixa, do lado esquerdo da máquina				
8	WES-6580	Lubrificar os rolamentos do lado de operação do equipamento de corte.				0	Material a utilizar: Lubrificante Molykote Longform 2 plus				
7	WES-6581	Lubrificar o acionamento de rosca de esferas do dispositivo de desenrolamento.				0	Material a utilizar: Lubrificante KP 2-K				
8	WES-6582	Lubrificar os eixos guias e fuso de ajuste do dispositivo de desenrolamento.				0					
9		Limpar refrigerador do armário de distribuição				0	Retirar a grelha de lamelas manualmente para a frente e soprar com ar comprimido o ventilador e o liquefator				
Notas:				Total	0	0					
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE:				Observações:							

Figura 21 - Exemplo de SOS para a manutenção preventiva de intervenção da Pre-Coating

Como se pode observar através da Figura 20 os campos a preencher no *template* da SOS incluem: equipamento a intervir, descrição das atividades a realizar, indicação da WES que lhe está associada (caso exista), tempo de atividade, tempo de deslocação entre duas intervenções, variante (não é aplicável na Ikea Industry Portugal), tempo acumulado, ponto-chave – serve para indicar algo importante sobre a atividade - e o *layout* para indicar visualmente o local de intervenção em cada atividade.

Ao contrário das instruções de manutenção 1º nível, não foi possível aferir tempos para as intervenções preventivas no período de realização deste projeto. Como a máquina opera apenas ocasionalmente, em testes, só são realizadas intervenções de acordo com a necessidade, nomeadamente a substituição do pequeno filtro do aplicador de cola.

Segue-se na Figura 22 um exemplo de uma WES associada à atividade de lubrificar acionamento de rosca de esferas relativa à SOS da Figura 20. Como pode ser verificado pela comparação da Figura 21 e 22, na SOS define-se a tarefa a realizar (lubrificar o acionamento da rosca de esferas do dispositivo a utilizar) enquanto que a WES descreve detalhadamente todos os passos que permitam cumprir com a realização da tarefa.

FABRICA: FOIL		ÁREA: Foil&Wrap	LINHA/ POSTO TRABAHO: Pre-Coating	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO: Todos	INFORMAÇÃO ADICIONAL:
		Work Element Sheet			Data de Aprovação: 03-05-2016 Tempo Total: ELABORADO POR: Diogo Oliveira / APROVADO POR: Marcio Machado
MANUTENÇÃO PREVENTIVA		Foil&Wrap - Lubrificar accionamento de rosca de esferas			
Nº	Simbolo	Atividade, O Qué?	Pontos chave, Como?	Porqué?	Ilustrações
1		Limpar o fuso roscado de esferas (Figura 1)	Utilizar um pano macio	Para o correto funcionamento da máquina	
2		Lubrificar ligeiramente o fuso (Figura 1)	Utilizar spray lubrificante	Para o correto funcionamento da máquina	
3		Voltar a secar o fuso após breve tempo de aplicação	Utilizar um pano macio	Para o correto funcionamento da máquina	
4		Verificar estado dos lábios de vedação (Figura 2) em todos os accionamento de rosca de esferas	Visualmente	Para o correto funcionamento da máquina	
5		Lubrificar accionamento de rosca de esferas (Figura 3)	Lubrificar com massa lubrificante KP 2-K através da pistola lubrificante	Para o correto funcionamento da máquina	
AJUDAS EHS / CHAVE:			OBSERVAÇÕES:		

Figura 22 - Exemplo de uma WES para a lubrificação do accionamento de rosca de esferas

4.2 Padronização da manutenção da linha *Complete Line*

Os procedimentos *standard* de manutenção preventiva para a linha *Complete Line* já se encontravam descritos no *template* antigo da empresa - Instrução de Trabalho de Manutenção (ITM) - ainda sob o nome de *Swedwood* e datadas de 2013. As ITM, apresentavam longos textos de descrição de tarefas - não existia outro *template* próprio para descrever mais detalhadamente uma atividade - o que em alguns casos a tornava pouco compreensível. Para tornar as instruções mais *user-friendly*, procedeu-se à revisão das atividades de manutenção existentes e atualizou-se as instruções para o formato SOS e WES. Até se obter os documentos finais que se encontram na Tabela D.1 e D.2 do Anexo D, foram realizadas as seguintes modificações:

- Foram acrescentadas atividades de manutenção relevantes para a conservação dos equipamentos. Inseriu-se nas instruções a substituição bimestral dos rolamentos dos rolos doseadores da calandra da cola da laminadora (Homag FKF 300), para evitar que cheguem ao ponto de rutura, e a substituição bimestral dos rolos A-box da Holzma *Infeeding System*, para evitar que estes cheguem ao ponto de desgaste;
- Foram completadas as instruções ao nível de ajudas visuais e material a utilizar. As instruções antigas encontravam-se incompletas e/ou incorretas em termos de imagens associadas, o que impedia inferir de forma mais rápida o órgão ou componente a intervir. Além disso, algumas atividades não continham informação sobre o material a utilizar;
- Foram atualizadas as referências dos sprays de limpeza e de lubrificação. As ITM referiam-se a materiais de limpeza e lubrificação que já não existem e por isso procedeu-se à sua atualização.
- Procedeu-se a uma identificação e seleção das atividades que se considerou necessário manter. As ITM da *Complete Line*, além de apresentarem atividades repetidas e atividades já realizadas em manutenções de 1º nível, continham atividades preventivas que se referiam a componentes e órgãos inexistentes;

- Foram detalhados os procedimentos de algumas tarefas complexas através de WES, já que não havia informações de como as realizar de forma sequencial e pormenorizada;
- Ajustou-se a periodicidade de algumas atividades para melhorar o desempenho dos equipamentos;

Na atualização das instruções de manutenção preventiva da *Complete Line*, não se teve em conta as alterações do processo que irão ocorrer quando a *Pre-Coating* começar a fornecer a linha, pois ainda não existe previsão para uma data oficial de alteração do processo produtivo.

Relativamente às instruções de manutenção de 1º nível, estas já se encontravam descritas no formato SOS e WES e foram realizadas no início do ano 2015. No entanto, foi necessário proceder a umas pequenas alterações nas instruções do *buffer* intermédio (Bargstedt TFR 580).

Após a filtragem das instruções relevantes para o correto funcionamento dos equipamentos, obteve-se uma redução nos tempos totais planeados para a execução das atividades de manutenção, em horas, representado pela Tabela 1. Esta redução deve-se unicamente à eliminação das atividades desnecessárias e outras incoerências (atividades repetidas com periodicidade diferente e manutenções de órgãos inexistentes) descritas nas ITM's da *Complete Line*. Na Tabela D.3 do Anexo D encontra-se disponível a análise da redução destes tempos, discriminados por máquina.

Depois de aprovadas pelo responsável do departamento da manutenção, as instruções de manutenção atualizadas foram colocadas no repositório de informação e nos postos de trabalho, em substituição das instruções antigas. A Figura C.1 do Anexo C representa um extrato da SOS criada para a manutenção preventiva intervenção mensal da Homag FKF 300.

Tabela 1 – Comparação dos tempos totais planeados de manutenção (horas) da *Complete Line*

	Tempo Total Antigo	Tempo Total Atual	Varição Relativa
Semanal	22:06:00	20:48:00	5.88%
Quinzenal	2:12:00	2:12:00	0.00%
Mensal	73:50:00	68:18:00	7.49%
Bimestral	13:42:00	13:42:00	0.00%
Trimestral	83:54:00	81:48:00	2.50%
Semestral	77:06:00	74:06:00	3.89%
Anual	4:42:00	4:24:00	6.38%
Bi-Anual	23:00:00	23:00:00	0.00%
Total	300:32:00	288:18:00	4.07%

4.2.1 Análise da fiabilidade dos rolos aplicadores de endurecedor

Atualmente, na laminadora, os painéis são sujeitos inicialmente a um processo de limpeza e aplicação de endurecedor na face de cima e de baixo. Só depois de se realizar a secagem do endurecedor a altas temperaturas, se inicia a aplicação de cola e o revestimento do *foil*. Este processo produtivo, como referido no capítulo 3, irá se alterar quando a *Pre-Coating* operar oficialmente. Porém, como ainda não existe uma data prevista para a alteração do processo produtivo, procedeu-se a análise da fiabilidade de um sistema crítico neste processo. A laminadora (Homag FKF 300) é um equipamento crítico para a produção, sendo responsável por 28% do *downtime* (Figura 23) causado por avarias, verificado na área desde o início do ano 2015 até ao fim do mês de abril de 2016. Para se obter o gráfico da Figura 23, omitiu-se uma avaria ocorrida na Holzma *cross lift station* por apresenta um tempo de paragem de produção elevadíssimo (1448 horas), tratando-se de um erro de registo.

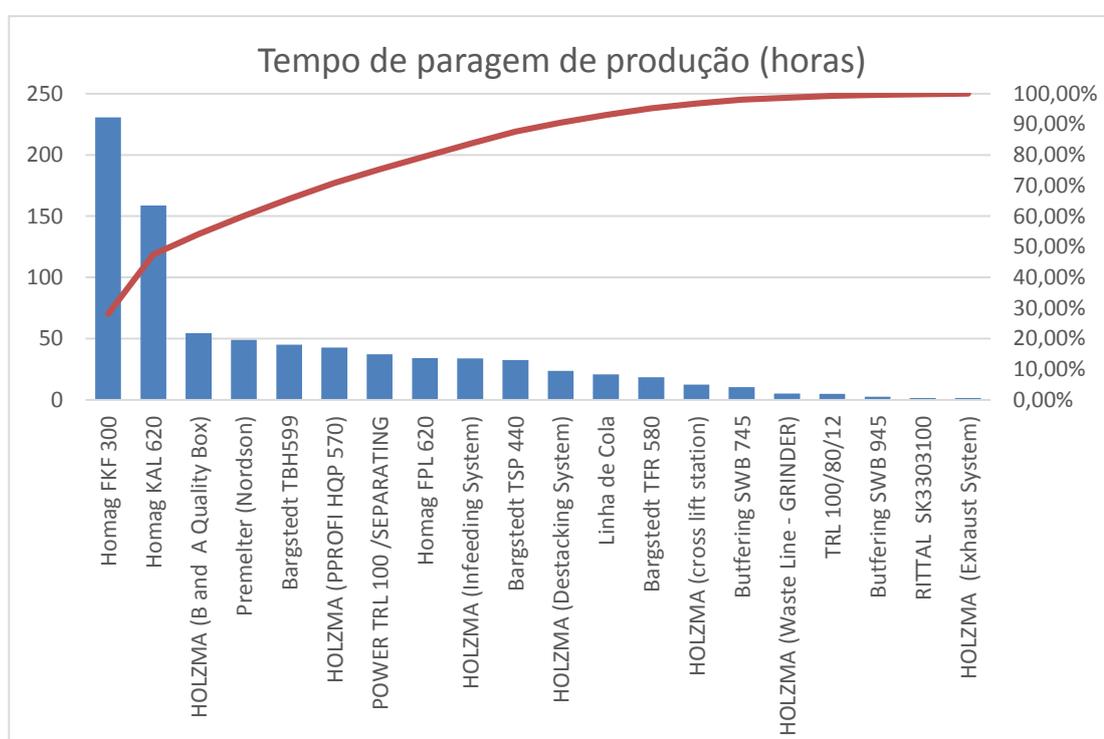


Figura 23 - Downtime da Complete Line devido a avarias

As calandras de aplicação de endurecedor e cola, pertencentes à laminadora, contribuem para o agravamento deste tempo de inatividade. Ambas as calandras são constituídas por quatro cilindros: dois cilindros doseadores (superior e inferior) e dois cilindros de aplicação (superior e inferior). Os cilindros de aplicação aplicam a cola ou endurecedor nos painéis em camadas regulares e rodam em sentido oposto, como se pode visualizar na Figura 24. A distância entre os cilindros doseadores e os cilindros de aplicação controla a quantidade de cola ou endurecedor aplicado. Em particular, os cilindros de aplicação de cola e endurecedor merecem especial atenção do departamento de manutenção devido à quantidade de problemas que originam, tanto ao nível de manutenção como de qualidade.

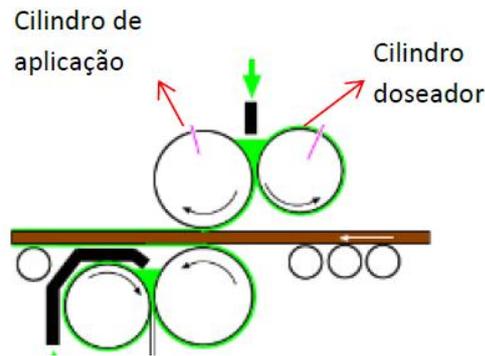


Figura 24 - Esquema do funcionamento dos cilindros de aplicação e doseadores (Fonte: IKEA)

De facto, os rolos de aplicação desgastam-se, fazendo baixar o rendimento (falhas pontuais na deposição) de aplicação de cola/endurecedor até um nível insatisfatório, o que obriga à sua reparação ou substituição. A política preventiva para estes sistemas foi estabelecida há alguns anos, adotando uma periodicidade de inspeção semanal e de substituição trimestral. Mas na realidade, a maior parte das vezes é necessário realizar manutenções corretivas após falhas antes da periodicidade definida. Através *do software Maintmaster*, acedeu-se ao histórico de avarias deste órgão, necessário para a realização da análise de fiabilidade. Verificou-se que os rolos de aplicação de cola são mais problemáticos que os rolos de aplicação de endurecedor. Apesar disso, a análise incidiu nos rolos de aplicação de endurecedor, já que o histórico de avarias dos rolos aplicadores de cola carecia de detalhe e apresentava outras incoerências nas ordens de trabalho, relativamente à data de conclusão, o que comprometia a sua análise. Encontrou-se aliás registos da substituição mais que uma vez no mesmo dia dos rolos, não estando registado o motivo.

Mesmo assim, e face à falta de alguma informação, partiu-se dos seguintes pressupostos para a análise de fiabilidade dos rolos aplicadores de endurecedor:

- Assumiu-se que as falhas que ocorrem nos rolos de aplicação de endurecedor ocorrem devido a um único modo de falha (desgaste). Todas as falhas registadas no *Maintmaster* que apresentam o campo de modo de falha preenchido (nem todas as avarias apresentam este campo preenchido) referem-se ao desgaste como sendo causa da falha;
- Considerou-se que os rolos aplicadores de endurecedor são sistemas reparáveis (são revestidos novamente);
- Assumiu-se que quando é aberta uma ordem de trabalho no *Maintmaster*, a tarefa corretiva é executada imediatamente. A degradação dos rolos é progressiva e por isso quando esta é detetada, estas podem ser corrigidas num momento mais oportuno. Como algumas ordens de trabalho não são fechadas imediatamente após a corretiva (pode demorar meses até fecharem as OT's), não é possível identificar quando a tarefa acabou;
- Considerou-se que não foram realizadas ações preventivas no período em análise, por não haver registo da sua realização no *software*.

Para verificar a tendência da frequência de avarias (crescente, decrescente ou constate), aplicou-se o teste de hipótese de Laplace. Para isso, definiu-se as seguintes hipóteses:

H_0 – taxa de avarias constante.

H_1 – taxa de avarias não constante.

Na formulação deste problema, distinguiu-se o rolo aplicador superior de endurecedor do rolo aplicador inferior de endurecedor. Isto deve-se ao facto de no período em análise terem

ocorrido muito mais falhas no rolo aplicador superior, o que levanta a questão se as condições de operação são idênticas. O período de análise não termina aquando da ocorrência da última avaria, e por isso o teste é limitado pelo tempo. Os momentos de falha do rolo aplicador de endurecedor superior e inferior durante um período de laboração de 7544 horas, encontram-se registados cronologicamente na Tabela 2.

Tabela 2 – Avarias ocorridas nos rolos aplicador de endurecedor, dispostas em ordem cronológica

Nº	Nº de horas acumuladas da ocorrência (Rolo Superior)	Nº de horas acumuladas da ocorrência (Rolo Inferior)
1	1373	1373
2	2238	3611
3	2831	6442
4	3196	9638
5	3372	13010
6	4108	17118
7	4932	
8	5097	
9	5149	
10	6079	

Calculou-se o valor da estatística de teste de Laplace limitado pelo tempo de acordo com a Equação 2.3. Os valores das variáveis utilizados para o cálculo, assim como os limites e valor da estatística de teste, Z_t , encontram-se descritos pela Tabela 3.

Tabela 3 – Variáveis utilizadas no cálculo da estatística de teste

	Rolo Superior	Rolo Inferior
N	10	6
$\sum t_i$	38375	20096
T_0	7544	7544
Z_t	0,0951	-0,4754
Limite Z inferior	-1,96	
Limite Z superior	1,96	

Para um nível de significância $\alpha = 0,05$, o teste para ambos os casos é formalmente inconclusivo, pelo que se pode aceitar a hipótese nula, H_0 , (não há evidência estatística de que ela não seja verdadeira). Confirma-se assim que a taxa de avarias é constante e que os tempos entre avarias são provenientes de um processo Poisson homogéneo. Os valores de prova do teste tomam valores de 92,42% e 63,45% para o rolo aplicador de endurecedor superior e inferior, respetivamente. A Tabela 4 apresenta os valores estimados para a taxa de avarias por hora e MTBF, tendo sido calculados de acordo com as Equações 2.1 e 2.2, respetivamente.

Tabela 4 – Valores estimados para a taxa de avarias e MTBF

	Rolo Superior	Rolo Inferior
λ_t	0,001326	0,000795
MTBF	754,4	1257,3

As Figuras E.1 e E,2 do Anexo E, representam a evolução das avarias no tempo para ambos os rolos aplicadores de endurecedor. As retas de melhor ajustamento a esta evolução, apresentam coeficientes de determinação R^2 próximos de 1 (correlação perfeita), confirmando a tendência das avarias.

Como a taxa de avarias é constante, a fiabilidade do órgão pode ser apresentada graficamente através do modelo exponencial negativo. O gráfico da Figura 25 representa a fiabilidade dos rolos aplicadores de endurecedor.

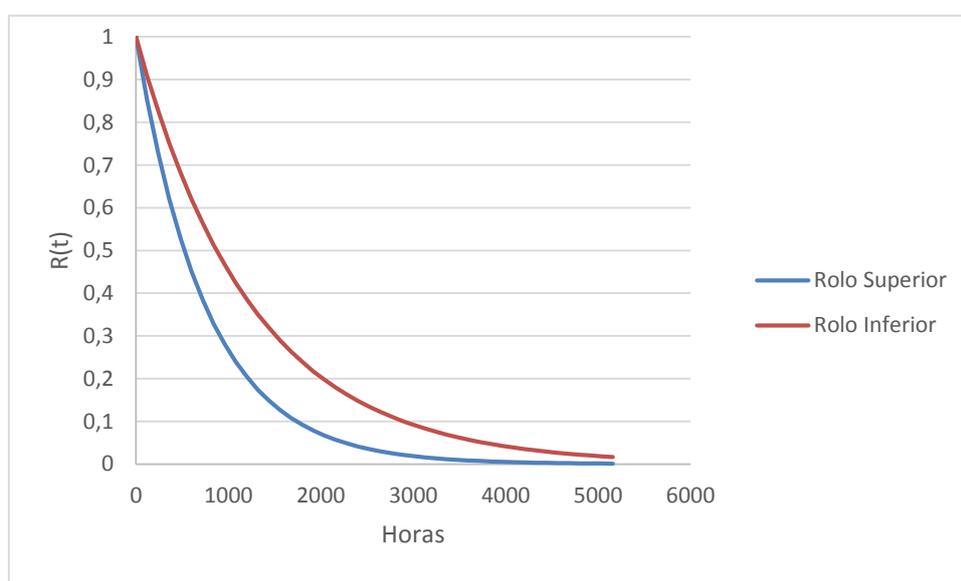


Figura 25 - Fiabilidade dos rolos aplicadores de endurecedor

Da análise do gráfico é possível inferir que a probabilidade de não ocorrer nenhuma avaria ao fim de 120 horas (uma semana), é de aproximadamente 85% para o rolo aplicador superior de endurecedor e de aproximadamente 91% para o rolo aplicador inferior de endurecedor. A política adotada de substituição preventiva trimestral dos rolos aplicadores de endurecedor representa uma probabilidade de avaria de aproximadamente 85% e 68% para o rolo aplicador de endurecedor superior e inferior, respetivamente.

No entanto, visto que a taxa de avarias é constante, não faz sentido substituir preventivamente os rolos em termos económicos. Esta política de manutenção preventiva, só deve ser aplicada quando a função de risco é crescente, isto é, no período de degradação da curva “em forma de banheira”.

Esta metodologia aplicada para analisar o comportamento de um equipamento quanto à sua fiabilidade é importante para definir a política de manutenção apropriada, e com isto, reduzir os períodos de paragem de produção e os custos que advêm. Para isso, é essencial que o histórico de avarias esteja registado de forma organizada e uniforme para obter conclusões fidedignas. Aliada às poucas observações de avarias registados para os rolos aplicadores de endurecedor, esta análise necessita de um histórico de avarias mais detalhado, e por isso sugere-

se um maior controlo da informação colocada no *software Maintmaster*, de modo, a produzir-se análises mais válidas.

4.3 Padronização da manutenção de 1º nível da área *Lacquering*

Embora a área *Foil&Wrap* tenha sido o objeto principal desta dissertação, procedeu-se à revisão às instruções de manutenção de 1º nível das linhas 1 e 2 da área *Lacquering* (Figura 26). Na área *Lacquering* da fábrica *Lacquer&Print* ocorre a pintura dos painéis antes de o produto ser enviado para a última área (*Packing*), onde é embalado. Esta área é constituída por três linhas, sendo que a linha Cefla 1 (linha 1) e Cefla 2 (linha 2) são idênticas.

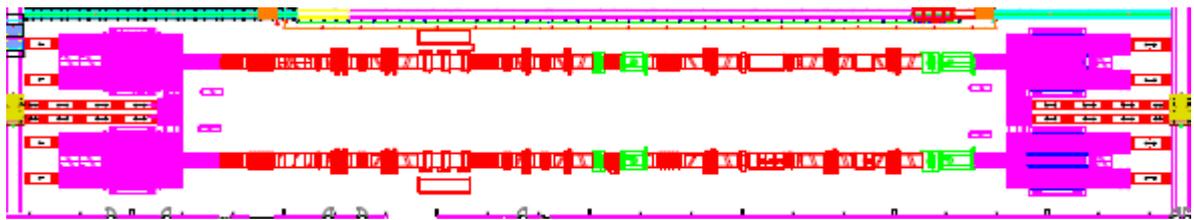


Figura 26 - Layout das linhas 1 e 2 do Lacquering

No início das linhas Cefla 1 e 2, ocorre a lixagem dos painéis e a aplicação de *filler* (enchimento) e *sealer* (selante). Entre estes sucessivos processos referidos, os painéis atravessam grupos de lâmpadas IR e UV que permitem endurecer o enchimento e o selante. De seguida, ocorre a pintura dos painéis através de aplicação de várias camadas de tinta por parte de diferentes máquinas. Entre cada aplicação de tinta, os painéis passam novamente por grupos de lâmpadas UV. O número de camadas de tinta a aplicar depende do produto a produzir. Ainda antes de acabar o processo de pintura de uma face do painel, algumas gamas de produtos passam por uma máquina onde ocorre a impressão de efeitos de madeira no painel. Depois de os painéis passarem para uma zona de inspeção, são virados ao contrário e retornam ao início da linha. Assim, ocorre novamente o processo de pintura na outra face do painel, ficando pronto para ser embalado na área do *Packing*.

O *standard work* para estas linhas encontrava-se já elaborado através do *template* antigo, IMN1 (Instruções de Trabalho de Manutenção 1º Nível). Estas instruções existentes encontram-se divididas por postos de trabalho ao invés de ser por máquina, sendo cada operador responsável pelas ações de manutenções de 1º nível do seu posto. Isto deve-se ao facto de as linhas serem longas, compostas por mais de 40 equipamentos, por isso existe a necessidade de as agrupar, até porque alguns dos equipamentos exigem manutenções de 1º nível mínimas.

Porém, estas instruções não se encontravam atualizadas, já que desde a sua aprovação (maio de 2013), ocorreu um período de reestruturação das linhas: foram introduzidos na linha novos equipamentos enquanto outros equipamentos foram mudados de posição ou retirados da linha.

Por outro lado, a sequência de tarefas, descritas nas instruções antigas, não refletia o atual método de trabalho dos operadores, sobretudo ao nível do material a utilizar. Os *sprays* e massas lubrificantes referidos nas IMN1 já não são utilizados e também não é permitida a limpeza dos equipamentos através de solvente.

Ainda assim, algumas atividades continham informações contraditórias, havendo casos em que as instruções antigas apresentavam atividades repetidas com periodicidades diferentes

Para obter os documentos finais, reformulou-se a distribuição das atividades de manutenção pelos postos de trabalho e as atividades contidas nas IMN1, com o objetivo de resolver todos estes problemas, e atualizou-se o formato para o *template* WES. No total existem 13 postos de trabalho, sendo o posto de trabalho 13 referente a uma sala de tintas. Em cada instrução, existe também a referência se a atividade a executar exige que a máquina esteja parada ou se pode ser realizada com a máquina em marcha. Com estas alterações, pretende-se aumentar a eficácia da execução das tarefas de manutenção de 1º nível por parte dos operadores.

A título de exemplo, na Figura C.2 do Anexo C encontra-se disponível um exemplo de uma manutenção 1º nível diária para um posto de trabalho

4.4 Sistemas Automáticos de transporte e armazenamento

No âmbito deste projeto de dissertação, foram também realizadas as tarefas de manutenção preventiva para todos os sistemas automáticos de transporte e armazenamento de material da fábrica *Foil*. Os equipamentos englobados nestes sistemas encontram-se listados em seguida com a sua denominação em inglês, por serem os termos utilizados na empresa:

- *Chaintransporter* (transportador de correntes);
- *Conveyor* (tapete transportador de rolos) – é utilizado apenas para mover para a frente os itens, podendo ou não ser motorizado;
- *Sideway Movable Conveyor* – é um transportador de rolos que se move lateralmente por rails através de um motor elétrico acoplado (Figura F.1 do Anexo F);
- *Transveyor* – é utilizado para mover itens em diferentes direções, podendo pegar num item numa direção e move-la para outra. É composto por rolos e correntes de transporte como se pode ver na Figura F.2 do Anexo F;
- *Transfer Carriage* (Carruagem de transferência) – é utilizado para transferir itens entre transportadores (Figura 27);
- *Elevator* – é utilizado para introduzir, remover ou mover entre níveis as paletes de produtos da *Cloud* (buffer automático com múltiplos níveis de armazenamento);
- *Shuttle* – é utilizado para mover a paleta de produtos do carrinho de transferência para uma linha de armazenamento do sistema *Cloud*;
- *Transfer Cart* (Carrinho de transferência) – é utilizado para transferir o *shuttle* entre os trilhos da *Cloud*.



Figura 27 - *Transfer Carriage*

Desde os seus 5 anos de existência, todos estes equipamentos apenas foram sujeitos a manutenções de caráter corretiva. Ultimamente, como estes têm vindo a dar problemas em termos de avarias, o departamento de manutenção adotou por mudar a sua política de manutenção para estes equipamentos, privilegiando a manutenção preventiva.

Dado que a lista de atividades a realizar para cada equipamento é reduzida, não se justificou a separação das manutenções em inspeção e intervenção, até pelo fato de estes serem realizadas em conjunto. Estas intervenções serão executadas no futuro por técnicos externos, de forma a não sobrecarregar os trabalhos dos técnicos internos de manutenção preventiva.

4.5 Plataforma elevatória

As plataformas elevatórias da IKEA Industry Portugal são utilizadas sobretudo por empresa externas nos seus trabalhos de manutenção de infraestruturas.

Como forma de controlar o uso da plataforma elevatória JLG Toucan por parte dos técnicos de empresas externas, foi elaborada uma *check-list* a ser preenchida por estes em cada utilização. Esta *check-list* será colocada juntamente com o cartão-de-visita de todos os técnicos que requisitem o seu uso. A *check-list* para a plataforma visa o cumprimento de um conjunto de atividades, servindo como uma ferramenta de segurança de trabalho e de inspeção que permita que o equipamento não fique inutilizado ou que origine acidentes por falha do equipamento. A *check-list* inclui o procedimento de verificar os níveis de eletrólito da bateria e o modo de como abastecer a bateria com água destilada em caso de necessidade.

Por outro lado, funciona como um registo de entrega e levantamento da plataforma. Se algo não estiver conforme, existe o registo de qual foi o técnico e empresa responsável, o que antes não era possível. O documento *check-list* elaborado encontra-se disponível na Figura 28.

 IKEA Industry Paços de Ferreira				CHECK LIST PLATAFORMA JLG TOUCAN		
Levantamento				Utilizador:		
Data:		Hora:		Contacto:		
Nº	Check-List Manutenção				OK	NOK
1	Verificar todas as etiquetas e placas necessárias estão no seu sítio e legíveis.					
2	Verificar as rodas e pneus.					
3	Verificar as baterias, as suas condições, limpeza, ligações e níveis de eletrólito (adicionar água destilada - ver verso da folha).					
4	Verificar conformidade de todas as portas, capas, fechaduras e outras partes.					
5	Verificar se existem fugas de óleo, cabos eléctricos ou fios soltos.					
6	Verificar se há fugas nos sistemas hidráulicos, de gasóleo ou de ar.					
7	Verificar se o pedal de pé tem um correcto funcionamento.					
8	Verificar todos os controlos de funcionamento e de emergência.					
9	Verificar todos os travões e luzes.					
10	Verificar o sensor/buzina e luzes de alarme (se aplicável)					
11	Verificar cesto de elevação quanto à sujidade.					
Observações:						

 IKEA Industry Paços de Ferreira		CHECK LIST PLATAFORMA JLG TOUCAN	
Nº	Check-List Segurança	OK	NOK
1	Verificar os cintos de segurança e capacetes.		
2	Verificar se a plataforma está bem apertada no seu suporte.		
3	Não exceder a capacidade da plataforma.		
Abastecimento da água			
<p>Pedir água destilada no departamento de manutenção e encher o reservatório intermédio. Puxar para fora botão de emergência (1), colocar a chave(2) na posição 1 e manter pressionado o manipulo (3) na posição ON : o nível de água no reservatório intermédio irá diminuir de forma a alimentar a bateria. Quando o nível de água estagnar (contar até 5seg), a bateria já se encontra carregada. Se o reservatório esvaziar-se e a bateria não estiver completamente carregada (é possível ouvir um som da máquina a "pedir mais"), voltar a encher o reservatório e colocar manipulo na posição ON. No fim, garantir que o reservatório encontra-se cheio.</p>			
Nota:	Após utilização da plataforma, ligar plataforma à tomada para carregar bateria.		
Observações:			

Figura 28 - *Check – List* de segurança e manutenção para a plataforma elevatória (frente e verso)

5 Conclusões e perspetivas de trabalho futuro

Neste último capítulo da dissertação, são apresentadas as considerações finais da realização do projeto de dissertação e discussão dos resultados obtidos. Reúnem-se ainda neste capítulo, sugestões de trabalho futuro que permitam dar seguimento ao projeto realizado.

5.1 Conclusões do trabalho desenvolvido

Este projeto de dissertação surgiu na sequência da atualização da padronização da manutenção preventiva da fábrica já existente. A aplicação desta ferramenta incidiu não só em equipamentos com trabalho normalizado já definido e aplicado, mas também em equipamentos onde não existia qualquer plano de manutenção.

O objetivo de implementar um plano de manutenção preventiva e de 1º nível para a *Pre-Coating* através da padronização foi cumprido e espera-se a sua elaboração sirva de ferramenta para a execução das melhores práticas de manutenção. No entanto, a aplicação do trabalho *standard* teve como base uma perspetiva pessimista, pois como ainda não existe registo histórico de avarias (a máquina ainda não entrou em serviço), apoiou-se nas informações e periodicidades existente no manual técnico na elaboração das instruções de manutenção. Concluiu-se que a implementação do plano de manutenção seria mais viável com existência de um registo histórico de avarias, que permitisse fazer um levantamento das intervenções preventivas oportunas e possibilitasse adaptar as atividades preventivas e suas periodicidades, existentes no manual técnico, à realidade da máquina.

Relativamente à *Complete Line*, área com baixa disponibilidade intrínseca quando comparada com as outras áreas da fábrica, houve a necessidade de reformular as instruções de manutenção preventiva já existentes. Da análise destas instruções, verificou-se que estas se encontravam incompletas e identificou-se vários pontos de melhoria. Apesar de se esperar uma influência positiva na conservação dos equipamentos da *Complete Line*, não é possível medir no curto prazo o impacto nos indicadores de desempenho originadas pelas das correções efetuadas nas instruções de manutenção. No entanto, através da filtragem e reformulação das instruções existentes, obteve-se uma redução de 4,07% do tempo global planeado para a execução das manutenções preventivas para a *Complete Line*. Em particular, observou-se uma redução do tempo planeado para manutenções de periodicidade semanal e mensal, de 5,88% e 7,49% respetivamente. A Homag KAL 620 – 2º equipamento mais crítico da linha – viu o seu tempo planeado para execução das manutenções, reduzido em 12,91%, fruto da revisão exercida.

Desta maneira, espera-se uma menor sobrecarga de manutenções preventivas por realizar para esta linha – que interfere no cumprimento dos trabalhos planeados – e prevê-se uma redução de custos de manutenção em intervenções desnecessárias ou repetidas. A longo prazo, espera-se ainda a melhoria da qualidade das manutenções derivada da existência de informações mais completas, refletindo-se numa diminuição progressiva da frequência de avarias.

Ainda para a *Complete Line*, aplicou-se metodologias estatísticas para a análise do registo histórico dos rolos aplicadores de endurecedor (juntamente com os rolos aplicadores de cola, formam os órgãos mais problemáticos em termos de avaria da área) com o fim de apoiar na decisão da estratégia de manutenção mais adequada, que neste caso se revelou ser a manutenção corretiva em detrimento da política de manutenção preventiva atualmente adotada pela empresa. Após se analisar a tendência das falhas e de se representar graficamente a fiabilidade dos rolos aplicadores de endurecedor através do modelo exponencial negativo, conclui-se que o rolo aplicador de endurecedor inferior apresenta uma menor taxa de avarias relativamente ao rolo aplicador de endurecedor superior. Conclui-se que o histórico de avarias

disponível no *Maintmaster*, não está suficientemente organizado para serem extraídas informações acerca da fiabilidade e disponibilidade do equipamento.

De uma forma geral, a implementação do *standard work* nas manutenções preventivas dos equipamentos, permite ressaltar o know-how da empresa e apoiar a filosofia de melhoria contínua, na identificação do desperdício e na procura constante das melhores práticas.

5.2 Trabalhos futuros

As instruções de trabalho, apesar de já se encontrarem estabelecidas e expostas em todas as áreas, ainda devem ser objeto de melhoria contínua. Em primeiro lugar, é necessário rever os conteúdos das instruções de manutenção e definir novos *standards* mais detalhados com os operadores para as outras áreas de produção que não foram objeto deste projeto de dissertação: algumas dessas áreas ainda não tem o trabalho *standard* atualizado ou corretamente aplicado. É necessário atualizar os tempos planeados na realização das manutenções preventivas, uma vez que os registos dos tempos de intervenção existentes já foram realizados há alguns anos e por isso há necessidade de ajustar estes tempos há realidade atual. Os tempos reportados nas instruções, são o pilar do planeamento das intervenções das manutenções, que procura distribuir as cargas horárias de manutenção ao longo do tempo.

A análise de fiabilidade dos equipamentos, é outra área de intervenção interessante, pois permite tirar ilações importantes para a gestão dos ativos da empresa (equipamentos). A adequação de distribuições estatísticas na representação da vida esperada dos equipamentos, só é possível se for suportada por um registo histórico de avarias organizado e completo. Sugere-se não só a aplicação deste tipo de análises, para implementar planos de manutenção com base na racionalidade económica ou da exposição ao risco, mas também realizar um maior controlo da informação colocada no histórico de avarias do *Maintmaster*.

Por fim, aplicar metodologias de gestão, como por exemplo o FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*), na análise de falhas de componentes críticos. Neste projeto, verificou-se a existência de uma diferença relevante entre o rolo aplicador de endurecedor superior e inferior. Nestes casos, importa recorrer a estas técnicas para entender as diferenças observadas e implementar as correções necessárias para reduzir a variabilidade de intervenções em componentes, órgãos ou equipamentos idênticos.

Referências

Assis, R. 2004, " Apoio à Decisão em Gestão da Manutenção - Fiabilidade e Manutenibilidade", Lidel - Edições Técnicas, Lda.

Borris, S. 2006, "Total Productive Maintenance: Proven Strategies and Techniques to Keep Equipment Running at Maximum Efficiency", McGraw-Hill.

Cabral, J. P. 2004, "Organização e Gestão da Manutenção - Dos Conceitos à Prática", Lidel - Edições Técnicas, Lda., Lisboa.

Ferreira, L.A 1998, " Uma Introdução à Manutenção", Publindústria - Edições Técnicas, Porto.

Hansen, R. C. 2001, "Overall Equipment Effectiveness - A Powerful Production/Maintenance Tool for Increased Profits", Industrial Press INC., U.S.

Lobo, B. A. 2014, "Acetatos de apoio à cadeira de Gestão da Manutenção", FEUP.

Pinto, C. V. 2002, "Organização e Gestão da Manutenção", Monitor.

Pinto, V. M. 1994, "Gestão da Manutenção", IAPMEI, Lisboa.

Stephens, M.P. 2010, "Productivity and Reliability-Based Maintenance Management", Purdue University Press.

Takahashi, Y. e Osada, T. 1990, "TPM - Total Productive Maintenance", Asian Productivity Organization.

ANEXO A: Layout

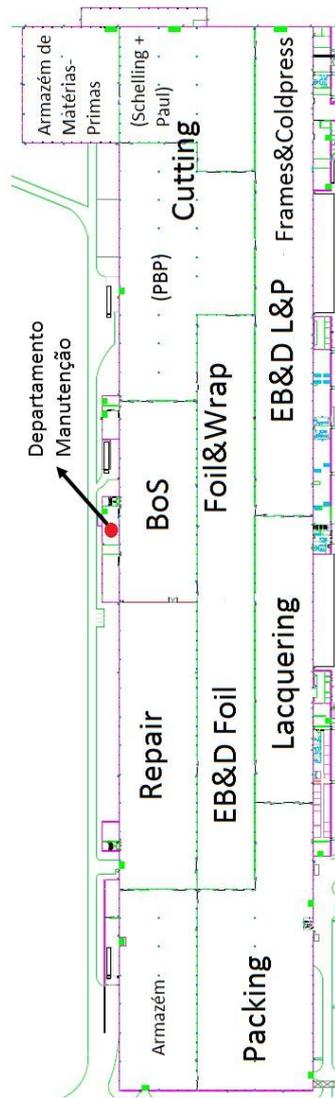


Figura A.1 – Layout da fábrica BOF

ANEXO B: Templates das Instruções

 IKEA Industry Paços de Ferreira		IMPRESSOS QUALIDADE 			Data de Aprovação 13-02-2015	IQ-206 03
					Tempo Total Zita Almeida	APROVADO POR: Helena Pereira
FÁBRICA:		ÁREA:	IQ - COMUN	LINHA/ POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:	INFORMAÇÃO ADICIONAL:
				WES Template		Colocar o símbolo da rotina.
Nº	Símbolo	Atividade, O Quê?	Pontos chave, Como?	Porquê?	Ilustrações	
AJUDAS EHS / CHAVE: 				OBSERVAÇÕES:		

Figura B.1 – Template WES

 IKEA Industry Paços de Ferreira	<h2 style="margin: 0;">IMPRESSOS QUALIDADE</h2>				DATA	23-03-2015	IQ-205	02	
					Aprovação				
					ELABORADO POR:		Zéia Almeida		
				APROVADO POR:		Helena Pereira			
FÁBRICA:	ÁREA:	LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:	TEMPO TOTAL ROTINA	INFORMAÇÃO ADICIONAL:			
	IQ - COMUN								
<h3 style="margin: 0;">SOS Template</h3>								Colocar símbolo rotina	
Nº	WES	Actividade	Variante	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout	
						0			
						0			
						0			
						0			
						0			
						0			
						0			
						0			
						0			
						0			
						0			
						0			
						0			
						0			
						0			
Notas:				Total	0	0			
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE:  <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #ccc; border: 1px solid #000; margin-right: 5px;"></div> <div style="font-size: 8px;">Tarefas que se fazem constantemente</div> </div> <div style="display: flex; align-items: center; margin-top: 5px;"> <div style="width: 20px; height: 20px; background-color: #000; color: #fff; text-align: center; line-height: 20px; font-size: 10px; margin-right: 5px;">XX</div> <div style="font-size: 8px;">Tarefas que se realizam ao fim de o número que se encontra na célula conjunto de actividades anteriores</div> </div>				Observações: (Empty space for notes)					

Figura B.2 – Template SOS

ANEXO C: Instruções de manutenção

 IKEA Industry Paços de Ferreira		<h3>Standard Operating Sheet</h3>					DATA Aprovação	21-06-2016	SOS-3620	00
FÁBRICA: FOIL		ÁREA:	LINHA:	POSTO TRABALHO:	DESIGNAÇÃO DO PRODUTO:	TEMPO TOTAL ROTINA	INFORMAÇÃO ADICIONAL:			
LacquerPrint e Foil		Foil & Wrap	Complete Line	Homag FKF 300	Todos	15:06:00	ELABORADO POR: Diogo oliveira APROVADO POR: Marcio Machado			
MANUTENÇÃO PREVENTIVA Foil - F&W - CL - HOMAG FKF 300 - Manutenção Preventiva Intervenção Mensal										
Nº	WES	Actividade	Variante	Tempo de atividade	Caminha	Tempo Acumulado	Pontos Chave	Layout		
1	WES-5641	Limpar e lubrificar eixo motor e suporte dos eixos do accionamento principal.		01:00:00		01:00:00	Material a utilizar: Pano, spray lubrificante P180 e massa lubrificante Molykote Longterm 2 plus			
2	WES-5642	Limpar e lubrificar ligeiramente os fusos de ajuste e guias redondas do suporte de grupo.		01:00:00		01:00:00	Material a utilizar: Pano, spray lubrificante P180 e massa lubrificante em spray OPTIMOL ref.º FRIZ: 4-017-02-0017			
3		Limpar as correntes providas de dentes do suporte de grupo e do transportador de corrente com uma escova dura.		00:30:00		00:30:00	Material a utilizar: Escova dura.			
4	WES 5677	Proceder à calibração da regulação da largura do suporte de grupo		00:48:00		00:48:00				
5		Verificar a purga da água condensada do agregado de arrefecimento: não pode haver água condensada na tina de recolha.		00:30:00		00:30:00	Limpar a tina de recolha e a mangueira da água condensada.			
6		Limpar e lubrificar ligeiramente as guias redondas do grupo de transporte de corte.		01:00:00		01:00:00	Material a utilizar: Pano e spray lubrificante PECOL P180			
7	WES-5609	Limpar a válvula de descarga do condensado da unidade de preparação de ar comprimido		00:24:00		00:24:00	Material a utilizar: Benzina			
8	WES-5608	Substituir o filtro da unidade de preparação de ar comprimido		00:24:00		00:24:00				
Notas:				Total	05:36:00	0				
AJUDAS EHS / AJUDAS CHAVE:  Tarefas que se fazem constantemente  Tarefas que se realizam ao fim de o numero que se encontra na célula conjunto de actividades anteriores				Observações:						

Figura C.1 - Extrato da instrução de manutenção preventiva intervenção mensal da Homag FKF 300

 IKEA Industry Paços de Ferreira		<h1 style="text-align: center;">Work Element Sheet</h1>				 Data de Aprovação: 30-05-2016 VES-553€ 00					
FÁBRICA: Laquer&Print		ÁREA: Lacquering		LINHA/ POSTO TRABALHO: Linha 1 e 2/ Localização 6		DESIGNAÇÃO DO PRODUTO: Todos					
MANUTENÇÃO 1º NÍVEL		L&P - LQ - Linha 1 e 2 – Localização 6- Manutenção 1º Nível Diária				ELABORADO POR: Diogo oliveira APROVADO POR: Marcio Machado					
Nº		Símbolo		Atividade, O Que?		Pontos chave, Como?		Porquê?		Ilustrações	
Máquina Parada											
1		Verificar cuidados a ter com os equipamentos antes de realizar a manutenção, através dos procedimentos LOTO				Para a segurança do operador					
2		Limpar Heesemann 2 (Lixadora)		Limpar com pistola comprimida de ar no interior da máquina: lixas e escovas.		Para evitar acumulação de sujidade					
3		Limpar sensores da Heesemann 2 (Lixadora)		Manter sempre os botões luminosos isentos de pó: a limpeza deve ser feita com um pano seco.		Para o correto funcionamento dos sensores					
4		Limpar interior da Heesemann 2 de Limpeza (Cleaning Device)		Limpar especialmente os sistemas antiestáticos e os canais de aspiração do pó (desapertar os 2 parafusos) através de ar comprimido.		Para evitar acumulação de sujidade					
Máquina em Marcha											
5		Verificar visualmente botões de emergência e switch's portas da Heesemann 2 (Lixadora).		Verificar se com as portas abertas interrompe a máquina.		Para o correto funcionamento da máquina					
6		Verificar o estado do display e dos comandos do ecrã da Heesemann 2 (Lixadora).		Visualmente		Para o correto funcionamento da máquina					
7		Limpar escovas da máquina de escovas		Limpar com pistola de ar comprimido o pó acumulado nas escovas e no tapete. Se necessário remover a sujidade ainda presente com pano e líquido de limpeza.		Para o correto funcionamento da máquina					
AJUDAS EHS / CHAVE: 						OBSERVAÇÕES: U2000178/221 - 2ª Heesemann (Sand Machine); U2000179/222 - Máq. Escovas (Sorbini); U2000180/223 - 2ª Heesemann Limpeza (Cleaning Device); U2000181/224 - Tapete Verde.					

Figura C.2 - Manutenção 1º nível diária para o posto 6 da linha 1 e 2 do Lacquering

ANEXO D: Tabelas

Tabela D.1 – Instruções de manutenção preventiva de inspeção realizadas para a *Complete Line*

	Instruções Manutenção Preventiva de Inspeção							
	Semanal	Quinzenal	Mensal	Bimestral	Trimestral	Semestral	Anual	Bianual
Bargstedt TBH 599	-	-	SOS - 3362	-	SOS - 3367	SOS - 3372	-	SOS - 3373
Buffering SWB 745	-	-	SOS - 3428	-	SOS - 3432	SOS - 3450	-	SOS - 3451
Buffering SWB 945	-	-	SOS - 3454	-	SOS - 3455	SOS - 3456	SOS - 3457	SOS - 3458
Homag TRL 100-80-12	-	-	-	-	SOS - 3706	-	-	SOS - 3707
Homag FPL 620	SOS - 3528	SOS - 3533	SOS - 3537	SOS - 3541	-	SOS - 3548	-	SOS - 3550
Bargstedt TFR 580	-	-	-	-	SOS - 3411	-	-	SOS - 3412
Nordson	SOS - 3350	-	SOS - 3350	-	SOS - 3350	-	-	SOS - 3350
Homag FKF 300	SOS - 3618	-	SOS - 3620	SOS - 3703	SOS - 3638	SOS - 3726	SOS - 3675	SOS - 3680
Homag KAL 620	SOS - 3568	-	SOS - 3570	SOS - 3577	SOS - 3580	SOS - 3609	-	SOS - 3595
Power TRL 100 Separating	-	-	-	-	SOS - 3730	-	-	SOS - 3731
Homag TRR 100	-	-	-	-	SOS - 3701	-	-	SOS - 3702
Holzma Infeeding System	-	-	-	SOS - 3519	SOS - 3518	-	-	-
Holzma PROFI HQP 570	-	-	SOS - 3483	-	SOS - 3500	SOS - 3503	-	-
Holzma Grinder	-	-	-	-	-	-	-	SOS - 3515
Holzma Destacking System	-	-	SOS - 3511	-	SOS - 3512	-	-	-
Bargstedt TSP 440	-	-	SOS - 3418	-	-	-	-	SOS - 3412
Total	4	1	10	4	13	6	2	13

Tabela D.2 – Instruções de manutenção preventiva de intervenção realizadas para a *Complete Line*

	Instruções Manutenção Preventiva de Intervenção							
	Semanal	Quinzenal	Mensal	Bimestral	Trimestral	Semestral	Anual	Bianual
Bargstedt TBH 599	-	-	SOS - 3362	-	SOS - 3367	SOS - 3372	-	SOS - 3373
Buffering SWB 745	-	-	SOS - 3428	-	SOS - 3432	SOS - 3450	-	SOS - 3451
Buffering SWB 945	-	-	SOS - 3454	-	SOS - 3455	SOS - 3456	SOS - 3457	SOS - 3458
Homag TRL 100-80-12	-	-	-	-	SOS - 3706	-	-	SOS - 3707
Homag FPL 620	SOS - 3528	SOS - 3533	SOS - 3537	SOS - 3541	-	SOS - 3548	-	SOS - 3550
Bargstedt TFR 580	-	-	-	-	SOS - 3411	-	-	SOS - 3412
Nordson	SOS - 3350	-	SOS - 3350	-	SOS - 3350	-	-	SOS - 3350
Homag FKF 300	SOS - 3618	-	SOS - 3620	SOS - 3703	SOS - 3638	SOS - 3726	SOS - 3675	SOS - 3680
Homag KAL 620	SOS - 3568	-	SOS - 3570	SOS - 3577	SOS - 3580	SOS - 3609	-	SOS - 3595
Power TRL 100 Separating	-	-	-	-	SOS - 3730	-	-	SOS - 3731
Homag TRR 100	-	-	-	-	SOS - 3701	-	-	SOS - 3702
Holzma Infeeding System	-	-	-	SOS - 3519	SOS - 3518	-	-	-
Holzma PROFI HQP 570	-	-	SOS - 3483	-	SOS - 3500	SOS - 3503	-	-
Holzma Grinder	-	-	-	-	-	-	-	SOS - 3515
Holzma Destacking System	-	-	SOS - 3511	-	SOS - 3512	-	-	-
Bargstedt TSP 440	-	-	SOS - 3418	-	-	-	-	SOS - 3412
Total	4	1	10	4	13	6	2	13

Tabela D.3 – Tempos planeados acumulado para execução das manutenções preventivas por máquinas

	Tempo Total antigo (h)	Tempo Total atual(h)	Variação Relativa
Bargstedt TBH 599	31:12:00	27:42:00	11.22%
Buftering SWB 745	33:06:00	32:36:00	1.51%
Buftering SWB 945	33:42:00	33:12:00	1.48%
Homag TRL 100-80-12	6:24:00	6:24:00	0.00%
Homag FPL 620	27:42:00	27:06:00	2.17%
Bargstedt TFR 580	12:24:00	11:30:00	7.26%
Nordson	10:36:00	10:36:00	0.00%
Homag FKF 300	56:24:00	55:36:00	1.42%
Homag KAL 620	39:30:00	34:24:00	12.91%
Power TRL 100 Separating	5:48:00	5:48:00	0.00%
Homag TRR 100	9:00:00	9:00:00	0.00%
Holzma Infeeding System	6:00:00	6:00:00	0.00%
Holzma PROFI HQP 570	13:20:00	13:18:00	0.25%
Holzma Grinder	2:00:00	2:00:00	0.00%
Holzma Destacking System	5:06:00	5:06:00	0.00%
Bargstedt TSP 440	8:18:00	8:00:00	3.61%
Total	300:32:00	288:18:00	4.07%

ANEXO E: Gráficos

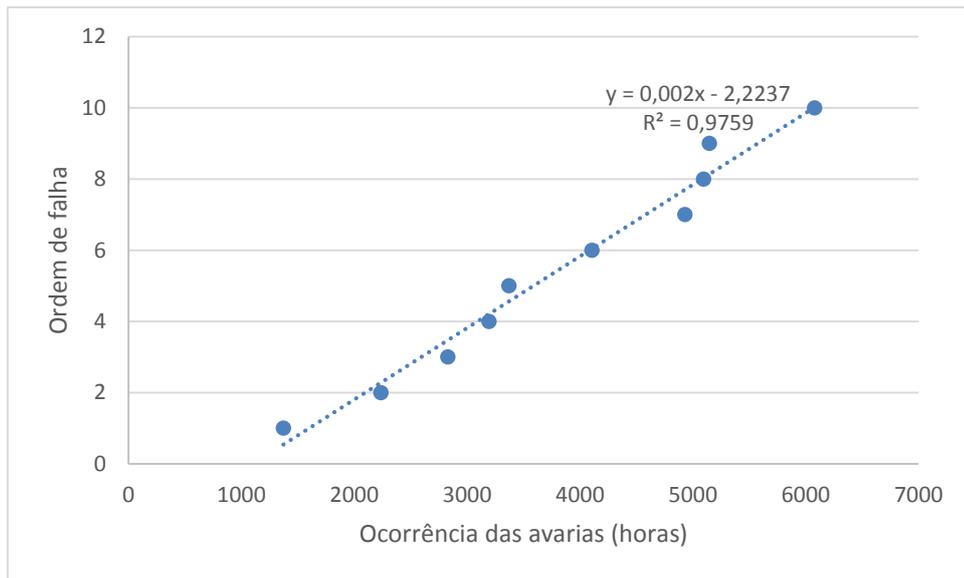


Figura 29 - Evolução das avarias do rolo aplicador de endurecedor superior ao longo do tempo

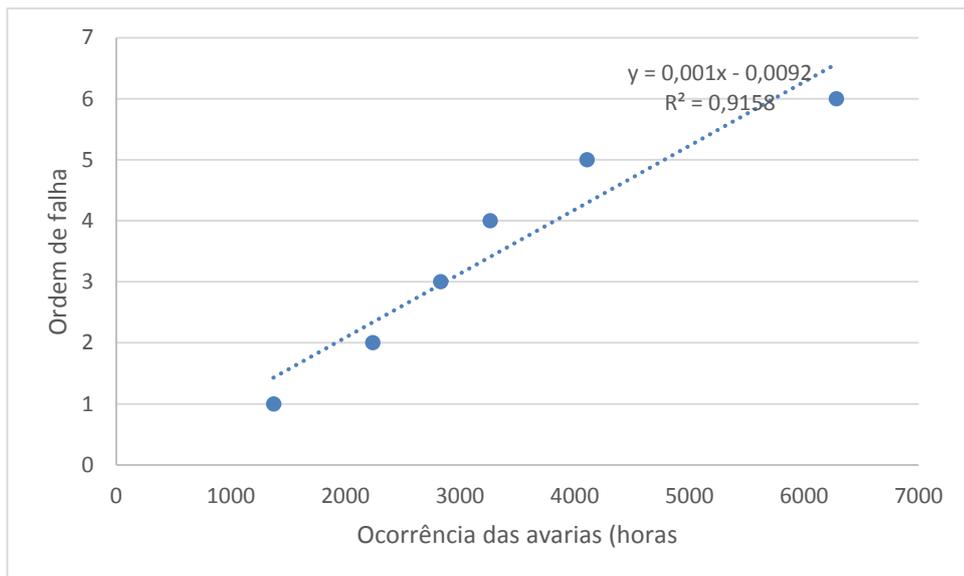


Figura E.2 - Evolução das avarias do rolo aplicador de endurecedor inferior ao longo do tempo

ANEXO F: Sistemas de transporte de materiais

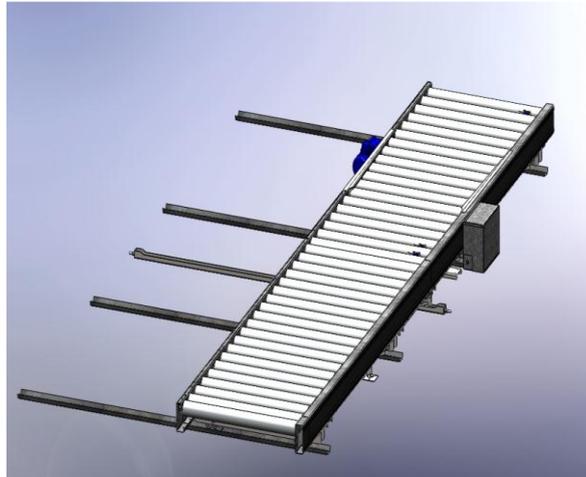


Figura F.1 - Esquema do *sideway movable conveyor*



Figura F.2 - Esquema e foto de um *transveyor*