

# Aumento de produtividade na área de impregnação de papel na unidade fabril da Sonae Arauco, Portugal – Oliveira do Hospital

Relatório de Estágio para obtenção de grau de mestre  
em Engenharia e Gestão Industrial

**Autor**

**Fernando Manuel Tavares Gomes**

**Co-Orientador**

**Prof. Doutor Belmiro Duarte**

Professor do Departamento de Engenharia Química  
do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra

**Co-Orientador**

**Eng. Luís Pacheco**

*Plant Manager* da Sonae Arauco de Oliveira do Hospital





“Quem ousou conquistar e saiu para lutar,  
chega mais longe!”

Charlie Brown Jr



## Agradecimentos

Muitas foram as pessoas com quem trabalhei ao longo deste 8 meses. Entre colegas de trabalho, consultores, professores, amigos e família todos contribuíram para o sucesso deste projeto de estágio.

Queria agradecer em primeiro lugar à minha família, nomeadamente à minha esposa Andreia Oliveira e à filha Carolina Gomes, que sempre me apoiaram e pacientemente compreenderam as horas que não passei com elas para me dedicar a este trabalho.

De seguida quero agradecer aos meus orientadores de estágio, o Professor Doutor Belmiro Duarte e Engenheiro Luís Pacheco, pela disponibilidade, compreensão, apoio, suporte académico, conselhos e motivação.

Para terminar queria agradecer de forma genérica a todos os colaboradores da Sonae Arauco que sempre ajudaram e compreenderam as ideias associadas a este projeto, especialmente ao Engenheiro Nuno Dias pela fantástica boa disposição e sugestões prestadas.



## Resumo

Ao dias de hoje, o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) é um dos indicadores mais importantes para garantir a sustentabilidade de uma área de produtiva. Neste projeto pretende-se aplicar várias ferramentas de *Lean Manufacturing* com objetivo de aumentar a capacidade produtiva da área de impregnação de papel na unidade fabril da Sonae Arauco de Oliveira do Hospital - Portugal. Serão utilizadas duas grandes alavancas de melhoria contínua, por um lado o TPM (*Total Productive Maintenance*) e por outro a normalização de processos.

Como principais conclusões do projeto verifica-se que o valor de OEE da área produtiva da impregnação aumentou de 75,2% (média do ano de 2017), para os 86,5% no final do mês de Outubro 2018. Este aumento foi impulsionado por 2 indicadores, por um lado a *Disponibilidade* do equipamento (associado diretamente ao TPM) e por outro lado a *Performance* do equipamento (associado à normalização de parâmetros e procedimentos de produção).

**Palavras Chave:** Lean Manufacturing, Impregnação, TPM, Normalização e OEE



## Abstract

Nowadays, the OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) it can be considered the most important indicator to assure the sustainability of a productive area. This project will apply several Lean Manufacturing tools with the target of increase the productive capacity of the impregnation area in the Sonae Arauco Plant in Oliveira do Hospital - Portugal. It will be used to levers of the continuous improvement, by one side the TPM (*Total Productive Maintenance*) and by the other, the process standardization.

As the main conclusions we verified that the OEE value of the productive area of the impregnation increased from 75.2% (average of 2017) to 86.5% at the end of October 2018. This increase was driven by 2 indicators, on the one hand the Availability of the equipment (directly associated with the TPM) and on the other hand the Performance of the equipment (associated with standardization of parameters and production procedures).

**Keywords:** Lean Manufacturing, Impregnation, TPM, Standardization and OEE



# Índice

Agradecimentos.....	v
Resumo .....	vii
Abstract.....	ix
Índice .....	xi
Índice de Figuras .....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
1. Introdução.....	17
1.1. SONAE ARAUCO .....	18
1.1.1. Descrição do Grupo .....	18
1.1.2. Produtos .....	19
1.1.3. Descrição dos processos.....	21
1.2. Âmbito da dissertação.....	27
2. Revisão bibliográfica .....	31
2.1. Secção Manutenção Produtiva Total (TPM).....	31
2.1.1. Manutenção .....	31
2.1.2. Evolução da Manutenção .....	32
2.1.3. Tipos de manutenção .....	33
2.1.4. Objetivos do TPM.....	35
2.1.5. Etapas de implementação do TPM .....	36
2.2. Ferramentas para a Qualidade .....	38
2.2.1. Diagrama de causa efeito ou Ishikawa.....	39
2.3. Lean Manufacturing.....	41
2.3.1. Normalização.....	42
2.3.2. ANDON .....	44
2.3.3. A ferramenta 5S.....	45
2.4. Análise Estatística (Estatística descritiva básica).....	47
3. Estado inicial (BASE LINE DO PROJETO) .....	51
3.1. Caracterização dos subprodutos da impregnação.....	51
3.2. Análise de causas e indicadores (KPI).....	53
3.2.1. Qualidade .....	54
3.2.2. Disponibilidade ( <i>UpTime</i> ).....	55
3.2.3. Performance.....	59

4. Trabalho desenvolvido.....	63
4.1. Implementação do TPM.....	64
4.1.1. Ações 1, 2, 3 e 4 .....	64
4.1.2. Ação 5 .....	66
4.1.3. Ação 6 .....	67
4.1.4. Ação 7 .....	70
4.1.5. Ação 8 .....	70
4.1.6. Ações 9 e 10 .....	71
4.2. Normalização de processos .....	72
4.2.1. Ação A .....	72
4.2.2. Ações B e C.....	73
4.2.3. Ação D .....	78
4.3. “Lições aprendidas” .....	78
5. Conclusão .....	81
5.1. Trabalho Futuro .....	83
6. Referencias bibliográficas .....	85

## Índice de Figuras

Figura 1-1: Principais localizações da SONAE ARAUCO (Sonae Arauco,2018).....	18
Figura 1-2.Distribuição do volume de negócios da SONAE ARAUCO por mercado (Sonae Indústria, 2018). .....	19
Figura 1-3. Principais produtos derivados de madeira (Voltarelli Madeira,2018).....	20
Figura 1-4. Principais processos produtivos da unidade industrial de Oliveira do Hospital. ....	20
Figura 1-5. Equipamento de impregnação de papel. Fonte: Sonae Arauco e autor.....	24
Figura 1-6. Desbobinador de papel. Fonte: Sonae Arauco e autor.....	24
Figura 1-7. 1º banho de impregnação. Fonte: Sonae Arauco e autor.....	25
Figura 1-8. 2º banho de impregnação. Fonte: Sonae Arauco e autor.....	25
Figura 1-9. Esquema representativo da secagem do papel na impregnação. Fonte: Sonae Arauco e autor .....	26
Figura 1-10. Esquema representativo dos rolos arrefecedores. Fonte: Sonae Arauco e autor .....	27
Figura 1-11. À direita: Guilhotina de tambor, À esquerda: Empilhamento de papel. Fonte: Sonae Arauco e autor .....	27
Figura 1-12. À esquerda a evolução do OEE nas área de revestimento e à direita a evolução do tempo de ciclo das prensas do Revestimento.....	28
Figura 2-1. Os 8 pilares do TPM Fonte: Sonae Arauco.....	38
Figura 2-2. Diagrama causa efeito. Fonte: Hutchinson Borrachas de Portugal e do autor .....	40
Figura 2-3. Relação melhoria continua com os standards. Fonte: Kaizen Institute Portugal .....	43
Figura 2-4. Exemplo de sistema ANDON. Fonte: Robert Boch Travões Unipessoal....	45
Figura 2-5. Ciclo dos 5S. Fonte: Dynargie.....	45
Figura 3-1. Evolução do OEE ao longo dos últimos 4 anos. ....	54
Figura 3-2: Evolução do indicador de <i>Qualidade</i> ao longo dos últimos 4 anos.....	55
Figura 3-3: Evolução do indicador <i>Disponibilidade</i> de equipamento ao longo dos últimos 4 anos. ....	56
Figura 3-4: Motivos de paragem de equipamentos (Fevereiro de 2018). .....	56
Figura 3-5: Diagrama de <i>Ishikawa</i> relativo à <i>Disponibilidade</i> de equipamento. ....	57

Figura 3-6: Evolução da <i>Performance</i> ao longo dos últimos 4 anos.....	59
Figura 3-7: Diagrama de Ishikawa relativo ao problema da <i>Performance</i> . ....	60
Figura 4-1: Identificação dos botões de controlo do equipamento.....	65
Figura 4-2: Alteração do tanque de <i>coating</i> para diminuir o respetivo tempo de limpeza. .....	65
Figura 4-3: Alteração da zona de limpeza dos banhos de resina (de plástico para uma rampa). ....	65
Figura 4-4: Substituição de peças maquinadas por peças originais e da marca do equipamento. ....	66
Figura 4-5: Quadro de tarefas da equipa. ....	67
Figura 4-6: Lista de tarefas a realizar pela equipa de manutenção elétrica no TPM.....	69
Figura 4-7: Quadro de apoio à implementação do TPM.....	70
Figura 4-8: À Direita: Desperdício de resina por consequência de fuga no sistema de bombagem À Esquerda: Local de armazenamento do excedente de resina.....	72
Figura 4-9: Gestão do projeto via formato A3. ....	73
Figura 4-10: À esquerda: Curva de ventilação ao longo da linha para papéis <i>Standard</i> brancos. À direita: Curva de temperatura ao longo da linha <i>Standard</i> brancos.....	75
Figura 4-11: Sistema ANDON para controlo dos parâmetros de processo.....	76
Figura 4-12: À esquerda: Curva de ventilação ao longo da linha para papéis <i>Standard</i> madeiras. À direita: Curva de temperatura ao longo da linha <i>Standard</i> madeiras.....	77
Figura 4-13: Procedimento de limpeza de filtros .....	78
Figura 5-1: Evolução do OEE ao longo do projeto. ....	81
Figura 5-2: Evolução da <i>Disponibilidade</i> do equipamento ao longo do projeto.....	82
Figura 5-3: Evolução da <i>Performance</i> ao longo do projeto. ....	82

## Índice de Tabelas

Tabela 3-1 Distribuição por subprodutos da impregnação.....	52
Tabela 3-2: Distribuição por subgrupos do tipo de papel. ....	52
Tabela 3-3: Combinação entre tipos de impregnação e tipos de papel.....	53
Tabela 3-4: Resultado e objetivo dos parâmetros e OEE.....	54
Tabela 3-5: Verificação das causas identificadas para redução da <i>Disponibilidade</i> de equipamento. ....	57
Tabela 3-6: Causas identificadas para o problema de <i>Performance</i> .....	60
Tabela 4-1: Relação entre causas e ações implementadas. ....	63
Tabela 4-2: Análise estatística da amostra de formulação <i>standard</i> e papéis brancos. ...	74
Tabela 4-3: Parâmetros a introduzir no sistema de gestão da produção. ....	75
Tabela 4-4: Análise estatística da amostra de formulação <i>standard</i> e papéis madeira...	76
Tabela 4-5: Parâmetros a introduzir no sistema de gestão da produção. ....	77
Tabela 5-1: Tabela resumo do projeto. ....	83



# 1. INTRODUÇÃO

O documento aqui apresentado constitui o relatório de estágio que o autor realizou nas instalações da Sonae Arauco Portugal, na unidade fabril de Oliveira do Hospital e que será submetido a discussão no âmbito da unidade curricular de Estágio/Dissertação do Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial (MEGI) lecionado no Instituto Superior de Engenharia de Coimbra (ISEC). O projeto que norteou o estágio e que é aqui reportado visou:

- a) O aumento dos indicadores de performance produtiva;
- b) A normalização da operação da linha de impregnação.

Com a modernização e automação das indústrias, é fundamental para sua competitividade que os equipamentos que constituem as linhas de produção se encontrem em perfeito estado de funcionamento garantindo, assim, ao cliente produtos com qualidade ao menor custo possível. Para isso, é necessário efetuar reparações às máquinas, bem como inspeções ao estado de funcionamento, rotinas preventivas, substituição de peças, mudanças de óleo, bem como formação de pessoal, entre outras ações. Para garantir a sustentabilidade do processo, usam-se modelos que requerem a normalização dos processos, o que por sua vez, permite obter uma repetibilidade entre as várias equipas (seja de métodos de trabalho, ou de parâmetros de operação). Isto repercute-se inegavelmente numa redução da variabilidade que conduz a maior produtividade, a uma menor fração de falha, que, por sua vez, impacta a qualidade final.

É assim nos contextos supra mencionados que este estágio se desenvolve, trabalhando para melhorar dois de três KPIs (*Key Performance Indicator*) fundamentais em todas as indústrias, a *Disponibilidade do Equipamento* e a *Performance*, que mais serão definidos em detalhe.

## 1.1. SONAE ARAUCO

Nas próximas páginas estabelecer-se-á o enquadramento industrial do grupo Sonae Arauco e apresentar-se-ão as operações fundamentais da unidade fabril sobre a qual o estágio incidu prioritariamente.

### 1.1.1. Descrição do Grupo

A Sonae Indústria foi criada em 1959 e em 2016 estabeleceu uma parceria com a empresa chilena Arauco, uma das maiores produtoras de recursos florestais em todo o mundo. Assim, surgiu a Sonae Arauco, com cerca de 20 unidades industriais e comerciais, presente em 8 países e com cerca de 2800 colaboradores em todo o mundo. Os produtos da Sonae Arauco são enviados para mais de 75 países, tornando-se assim uma das maiores produtoras mundiais de painéis de derivados de madeira (Sonae Arauco, 2018).

Na Figura 1-1 apresentam-se as principais localizações da SONAE ARAUCO, sendo de destacar que a empresa detém unidades de produção na Europa e na África do Sul.



Figura 1-1: Principais localizações da SONAE ARAUCO (Sonae Arauco,2018).

A nível de volume de negócios a Sonae Arauco nos primeiros nove meses de 2017 teve um valor acumulado de 972 milhões de € com uma margem de EBITDA de 14,3%, tendo mantido a tendência positiva de 2016, ou seja, recuperando o seu passivo. Em

relação aos principais mercados consumidores, destaca-se a Península Ibérica com 21,2%, seguida da Alemanha com 21,1%, representando apenas estes dois mercados aproximadamente 42% do volume de negócios da empresa. Na Figura 1-2 podemos observar a distribuição do volume de negócios por mercado (Sonae Indústria, 2018), onde se destacam as parcelas referentes à Península Ibérica e à Alemanha.

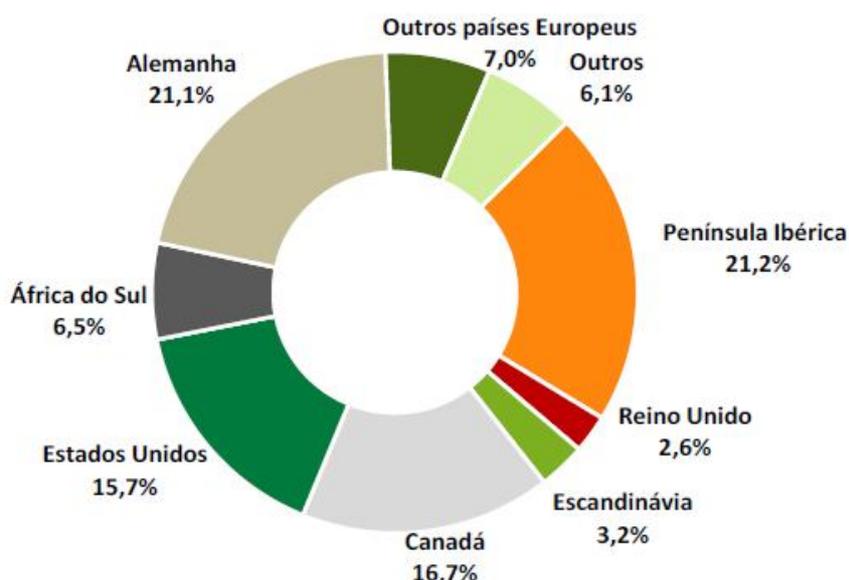


Figura 1-2. Distribuição do volume de negócios da SONAE ARAUCO por mercado (Sonae Indústria, 2018).

### 1.1.2. Produtos

Da diversidade de produtos que a Sonae Arauco oferece destaca-se o aglomerado de partículas (PB), os painéis de fibras de média densidade (MDF) e os painéis de fibras orientadas (OSD), que se apresentam em foto na Figura 1-3. Qualquer uma destas soluções é uma alternativa flexível e ecologicamente sustentável à madeira maciça.



Figura 1-3. Principais produtos derivados de madeira (Voltarelli Madeira,2018).

Uma das fábricas do universo Sonae Arauco, situa-se em Oliveira do Hospital (OH) e produz Painéis de Aglomerado (PB), Painéis Revestidos a Melamina (MFC) e Papel Impregnado. Esta unidade iniciou sua laboração nos anos 60 do século 20 e foi adquirida pela Sonae Indústria em 1984. Até ao dia de hoje sofreu vários processos de modernização e adaptação às necessidades do mercado.

Atualmente ocupa uma área equivalente a 25 hectares (aproximadamente 25 campos de futebol), tem 220 colaboradores e trabalha em laboração contínua, satisfazendo, assim, os seus clientes, maioritariamente instalados na Península Ibérica. Os seus principais processos produtivos são apresentados na Figura 1-4 e envolvem a produção de *Aglomerado Exterior* que serve de matéria-prima da formação da placa na secção de *Aglomerado Interior*. O produto desta secção será usado em conjunto com o papel impregnado resultante da secção de *Impregnação de Papel* na secção de *Revestimento de Placas*. Nesta, forma-se grande parte do produto final da linha.

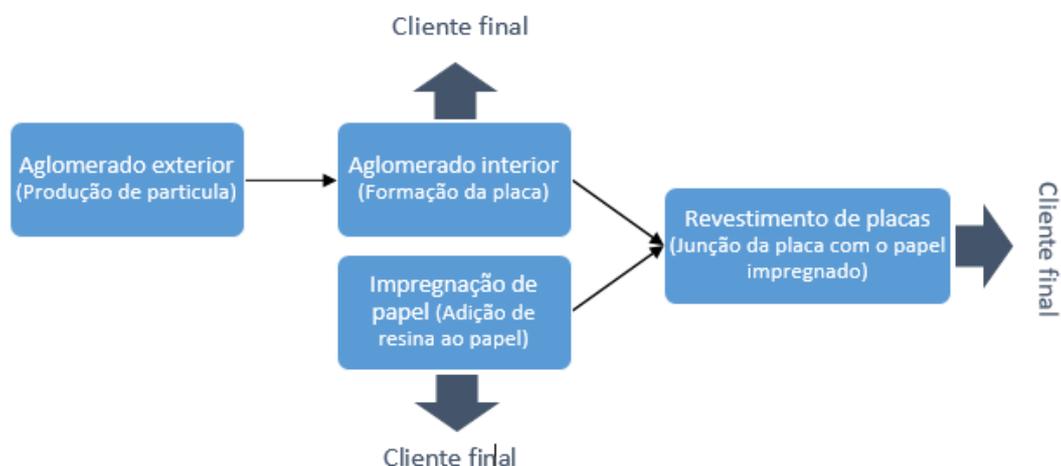


Figura 1-4. Principais processos produtivos da unidade industrial de Oliveira do Hospital.

Embora represente uma pequena quota de mercado, importa ainda referir que existem produtos que não estão acabados e que podem ser comercializados diretamente no mercado, ou seja, aglomerado produzido na secção de *Aglomerado Interior* e papel impregnado produzido na secção de *Impregnação de Papel*, são vendidos diretamente a clientes específicos. No entanto, o valor acrescentado do negócio está em grande escala na secção de *Revestimento de Placas*, sendo esta primordial para garantir uma performance adequada da unidade fabril de Oliveira do Hospital.

### 1.1.3. Descrição dos processos

De seguida, são sumariamente descritos os processos fundamentais na linha de produção. Por forma a manter a estrutura da Figura 1-4, como ponto de partida, a discussão incidirá em cada uma das secções listadas.

#### AGLOMERADO EXTERIOR

No processo de produção de *Aglomerado Exterior*, a matéria-prima (nomeadamente rolaria de pinho, eucalipto ou outras espécies) é sucessivamente submetida a processos físicos e mecânicos com o objetivo de reduzir a sua dimensão. Assim sendo, o processo inicia-se no parque de madeiras, onde a rolaria é armazenada. De seguida, um destroçador com capacidade de 70 ton/h reduz os rolos de madeira a material de pequenas dimensões (na ordem de 300×400 mm). Este material, conhecido como estilha, é então armazenado num armazém (armazém de granéis), onde outros subprodutos da madeira produzidos externamente são também armazenados, como por exemplo, o serrim, bem como algum material reciclado.

Os materiais armazenados são posteriormente transportados por via de um transportador mecânico para duas áreas de separação exatamente iguais (identificados na unidade de Oliveira do Hospital como eixo PU e eixo PZ), onde vários processos têm lugar, nomeadamente, a separação de partículas através de ciclones, peneiração de partículas e eliminação de partículas metálicas por sistemas eletromagnéticos. Seguindo o processo produtivo, existem dois secadores com o objetivo de reduzir humidade das partículas a valores na ordem de 1,5 a 2,5%. O processo de produção do *Aglomerado Exterior*, termina neste ponto e concretiza-se no armazenamento da estilha em vários silos de acordo com a granulometria.

## **AGLOMERADO INTERIOR**

No processo de produção de *Aglomerado Interior*, existem duas entradas, as partículas armazenadas nos silos (proveniente do processo de *Aglomerado Exterior*) e as resinas provenientes de fornecedores externos.

As partículas são empilhadas por gravidade através de formadoras obtendo-se o aglomerado de madeiras. As partículas com granulometria mais baixa são utilizadas para formar a camada externa, garantindo, assim, um acabamento liso da placa de aglomerado produzida. As partículas com maior granulometria (material mais grosseiro) são usadas na camada interna. Com objetivo de garantir a correta aderência entre as várias partículas, e garantir as características físicas e mecânicas do aglomerado, nomeadamente uma densidade de  $650 \text{ kg/m}^3$ , são adicionados vários compostos químicos, nomeadamente ureia, sulfato de amónio e parafina.

Após a formação da manta de aglomerado, e com objetivo de retirar o ar existente entre as partículas, a mesma passa através de uma pré-prensa, munida de uma cinta têxtil. De seguida, a manta entra numa prensa contínua com 28 m de comprimento de cinta metálica, onde são garantidas as características físico-mecânicas. Para isso, são controlados parâmetros como a densidade, a humidade, a velocidade da prensa e a curva de temperatura ao longo da prensa. Apenas a título de exemplo a curva de prensagem tem um comportamento exponencial numa primeira fase, seguindo-se uma fase de temperatura constante.

No final da prensa é efetuado o corte da placa de acordo com as dimensões solicitadas pelos clientes, seguindo-se um sistema de arrefecimento das placas, saindo estas a  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ . Após este processo as placas ficam em repouso por um período mínimo de 12 h, no armazém físico para produto semi-acabado. Para finalizar o processo de *Aglomerado Interior* é efetuado o acabamento da placa, que envolve a correção do excesso de espessura e a redução da rugosidade das mesmas.

## **REVESTIMENTO DE PLACAS**

O processo de *Revestimento de Placas* contempla cinco estágios principais: a formação da placa, a prensagem, a limpeza dos bordos, a escolha e a embalagem.

Esta linha utiliza como matéria-prima o papel impregnado no processo de Impregnação, bem como aglomerado produzido na secção de Aglomerado interior. Para realizar o processo de *Revestimento de Placas* coloca-se uma folha de papel numa mesa de formação e de seguida uma placa de aglomerado por cima. Seguidamente, uma segunda folha de papel é colocada por cima da placa formando, assim, o que se denomina de *sandwich*. Após isso a *sandwich* é transportada para prensa onde através de efeitos combinados de pressão e temperatura, a resina existente no papel reage e adere à placa, formando a placa revestida. Os ciclos de térmicos e de pressão estão normalizados para cada tipo de produto, sendo que o primeiro ocorre numa gama de temperaturas compreendidas entre os 175 – 195 °C, durante 18-36 segundos e à pressão de 20 kPa.

A seguir o excesso de papel é retirado dos bordos da placa utilizando raspadores que garantem a uniformidade. Procede-se à inspeção visual da placa na qual se classifica a qualidade da placa em primeira, segunda ou terceira, consoante o tipo ou número de defeitos que apresenta. As placas de primeira qualidade são as que geram maior valor acrescentado sendo que existem clientes dispostos a receber uma percentagem de placas de segunda qualidade nos seus lotes. As placas de terceira qualidade retornam o estágio inicial do processo de fabrico de *Aglomerado Exterior* e são reprocessadas.

Após o loteamento, o produto segue para a embalagem onde os lotes são acondicionados para posterior armazenagem no armazém de produto acabado. Todos os parâmetros do processo são controlados através de uma plataforma SAR (Serviço de Apoio de Revestimento), sendo o principal fator controlado, o ciclo global de prensagem. Isto é, o tempo que decorre desde que uma placa inicia o processo até que o conclui. Este valor depende do tipo de produto, contudo o valor médio é de aproximadamente 35 segundos.

## IMPREGNAÇÃO DE PAPEL

De acordo com o âmbito desta tese e porque no estágio as melhorias de KPIs se centrarão fundamentalmente nesta secção, vamos analisar em maior pormenor o processo de Impregnação de papel. A fábrica de OH tem dois equipamentos para efetuar a impregnação de papel, designados por *Vits I* e *Vits II*. Enquanto a *Vits II* é flexível e pode produzir todas as larguras de papel utilizáveis no *portfolio* de produtos de OH (até um máximo de 2140 mm), a *Vits I* tem uma limitação técnica e apenas produz papéis com

uma largura máxima de 1850 mm. Em ambas as máquinas o processo produtivo é o mesmo e de seguida este é descrito de forma sucinta.

A impregnação de papel é um processo de obtenção de papel a baixa pressão utilizando uma impregnadora de papel, idêntica à da Figura 1-5, e contempla oito estágios: 1. Desbobinador, 2. Primeiro banho de resina, 3. Primeiras estufas de secagem, 4. Segundo banho de resina, 5. Segunda estufa de secagem; 6. Rolos arrefecedores, 7. Guilhotina; e 8. Empilhamento.

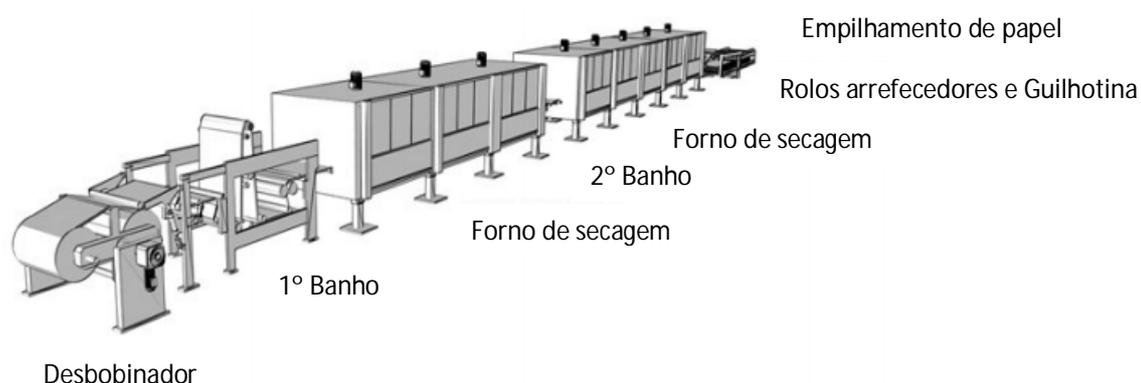


Figura 1-5. Equipamento de impregnação de papel. Fonte: Sonae Arauco e autor.

O papel seco, representa neste processo a matéria-prima e é fornecido através de bobines com uma gramagem que pode variar entre 50 a 120 g/m<sup>2</sup>. Este papel é introduzido no desbobinador, ver Figura 1-6, no início da linha e tracionado por toda a sua extensão.



Figura 1-6. Desbobinador de papel. Fonte: Sonae Arauco e autor

No primeiro banho, Figura 1-7, o papel é impregnado com uma solução de resinas ureicas e formaldeído com alguns aditivos. Dada a composição química do banho de

impregnação, este confere ao papel as suas propriedades internas. A quantidade de resina a depositar no papel é aferida através do espaçamento existente entre 2 rolos paralelos (rolos doseadores) pelos quais o papel passa. Quanto menor for o espaçamento entre os rolos, menor será a quantidade de resina a ser colocada, sendo que o contrário também se verifica. Após esse estágio, o papel é parcialmente seco ao longo dos fornos de secagem.



Figura 1-7. 1º banho de impregnação. Fonte: Sonae Arauco e autor.

Ao chegar ao segundo banho, Figura 1-8, o papel recebe duas camadas de resina melamínicas distribuídas uniformemente por todo o papel. Este banho confere-lhe as suas propriedades superficiais. Estas propriedades decorrem sobretudo do tipo de resina utilizada, bem como da ação dos rolos de *coating*, que são rolos microperfurados (rede de K12 e K14) que colocam uma espessura de resina uniforme por toda a superfície do papel. As propriedades que se obtêm neste segundo banho são nomeadamente a resistência à abrasão, ao risco, à penetração de líquidos, bem como características como brilho, ausência de fissuras e resistência a fluidos corrosivos, de acordo com a norma EN14322 – Março de 2004.

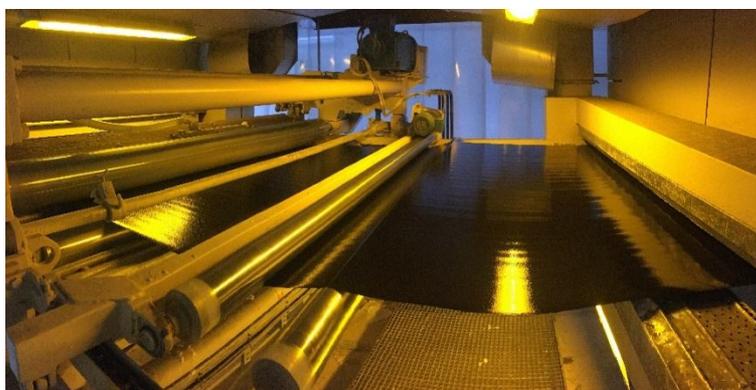


Figura 1-8. 2º banho de impregnação. Fonte: Sonae Arauco e autor.

Seguidamente o papel atravessa novamente um conjunto de estufas de secagem onde se procede à sua secagem até atingir uma humidade relativa entre 5-7%. A unidade de secagem, à semelhança do que acontece no primeiro conjunto de estufas, utiliza ar proveniente de um permutador ar-fluido térmico. O fluido térmico usado é aquecido na caldeira central da unidade fabril e o ar é insuflado na unidade à temperatura ambiente. A disposição dos pontos de injeção de ar é mostrada na Figura 1-9.

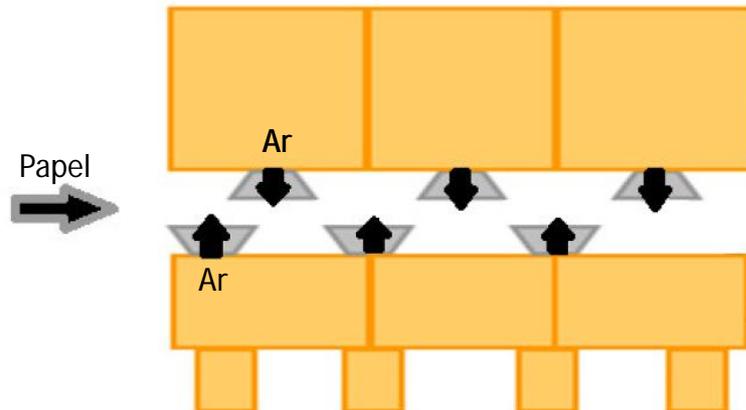


Figura 1-9. Esquema representativo da secagem do papel na impregnação. Fonte: Sonae Arauco e autor

Seguidamente, o papel passa por um rolo alinhador, isto é, um rolo revestido a borracha que devido ao atrito existente entre a borracha e a sua superfície, realiza o alinhamento, centrando-o com a máquina. Neste mesmo rolo estão instaladas as células de carga onde se verifica e controla a tração do papel. A tensão do papel é gerada pela diferença de velocidades existente entre os rolos doseadores e os rolos arrefecedores.

Como se tratam de resinas termo-reactivas é necessário arrefecer o papel para que a reação não continue a ocorrer. Assim sendo, procede-se à sua passagem por dois rolos arrefecedores de aço, Figura 1-10, no interior dos quais circula água arrefecida através de um *chiller*, com o objetivo de diminuir a temperatura do papel (para um valor de 25 °C) e, assim, parar a reação de polimerização.



Figura 1-10. Esquema representativo dos rolos arrefecedores. Fonte: Sonae Arauco e autor

Por fim, o papel é cortado na medida desejada, com recurso a uma guilhotina de tambor, para seguidamente ser empilhado por folhas, de acordo com Figura 1-11.

O papel após empilhado, poderá ter dois destinos possíveis; ou irá diretamente para as linhas de revestimento onde será consumido, ou irá para o Armazém de Papel Impregnado (API) onde irá ficar armazenado em ambiente controlado de temperatura e humidade, com valores de 25 °C e 45% respetivamente.



Figura 1-11. À direita: Guilhotina de tambor, À esquerda: Empilhamento de papel. Fonte: Sonae Arauco e autor

## 1.2. Âmbito da dissertação

Numa visão de melhoria contínua de processos, iniciou-se em 2015, na área de *Revestimento de Placas*, um projeto com objetivo de melhorar a imagem da Sonae Arauco junto do cliente final. Como principais alavancas de melhoria surgiram *i)* o nível de entrega ao cliente (garantir os prazos iniciais definidos) e *ii)* a qualidade do produto final.

A nível de entrega verificou-se que a quantidade de placas por lote que o cliente solicitava era menor que o que o processo produtivo na altura estava preparado para produzir, tornando assim claro, a necessidade de investimentos. A nível de qualidade, o número de reclamações externas, bem como o valor de desqualificação interna era superior aos valores objetivo.

Em virtude destes indicadores, ao longo do ano de 2016 vários projetos de melhoria foram implementados na área de *Revestimento de Placas*, nomeadamente, a instalação de um sistema de preparação de lotes para pequenas quantidades, a otimização de ciclos produtivos, a alteração do método de planeamento para um sistema *pull flow* e a divisão das linhas produtivas de melamina por cadeia de valor. Durante o ano de 2017 foram consolidados os resultados na área do *Revestimento de Placas* obtendo-se aumento de produtividade na área na ordem dos 25 %. Esse crescimento foi sustentável e durante o ano de 2018 voltou a aumentar na ordem dos 10 %. Na Figura 1-12 apresenta-se a evolução da OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), um indicador de eficácia da linha no seu conjunto, bem como do tempo de ciclo da área de produção em questão. É de mencionar ainda que na Figura 1-12 a barra laranja representa os valores iniciais do projeto, relativos ao ano de 2015, as barras a verde os resultados relativos ao ano de 2016 e 2017 (Apenas se consideram 10 meses produtivos devido ao incendio ocorrido em Outubro de 2017 que afetou as instalações da fábrica). A barra azul representa os resultados obtidos no primeiro trimestre de 2018.

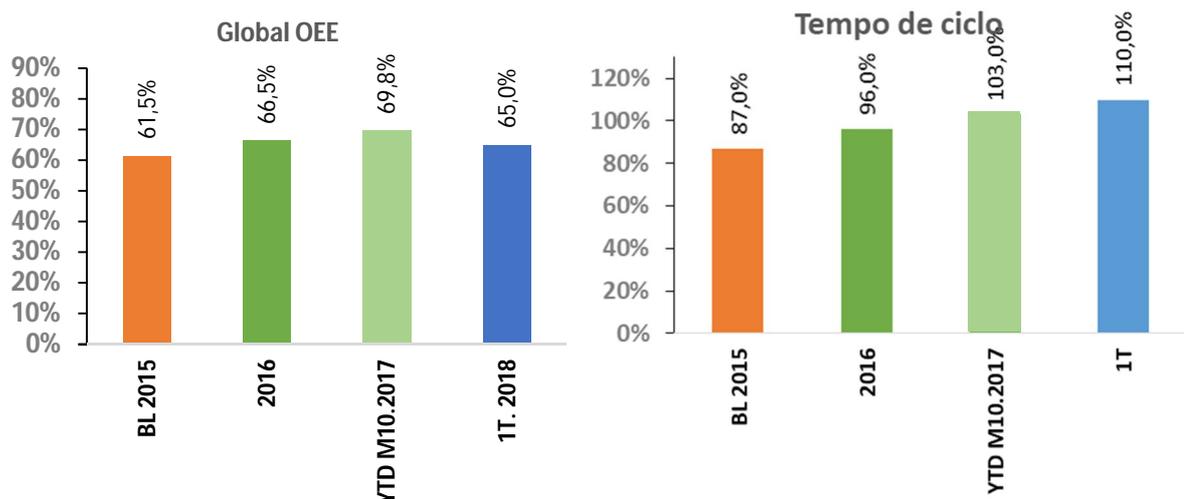


Figura 1-12. À esquerda a evolução do OEE nas área de revestimento e à direita a evolução do tempo de ciclo das prensas do Revestimento.

NOTA: A laranja apresenta-se o BL 2015 que representa o estado inicial do projeto no ano de 2015, a verde o resultado em 2016, a verde claro apresenta-se o YTD M10.2018 que representa a média anual ponderada durante os primeiros 10 meses de 2017 e a azul os resultados do primeiro trimestres de 2018.

Como podemos observar na Figura 1-12 o tempo de ciclo das linhas de *Revestimento de Placas* apresenta uma tendência positiva desde 2015 (e é considerado com *base line* do presente projeto) até ao primeiro trimestre de 2018. A nível de OEE a tendência é exatamente a mesma, com exceção do primeiro trimestre de 2018, devido ao arranque da fábrica após reconstrução condicionada pelo incêndio em Outubro de 2017, que tal como mencionado anteriormente, levou a um interregno de operações em algumas áreas. Assim sendo e mantendo um crescimento sustentável da fábrica de Oliveira do Hospital até aos dias de hoje, verificou-se que nas novas condições as compras de papel impregnado eram inevitáveis, verificando-se que o ponto de gargalo estava agora na área de *Impregnação de Papel*. Considerando que o impacto do papel impregnado no preço final da placa revestida é de 25 % e que o valor despendido a comprar papel a outros fornecedores em 2017 foi de aproximadamente 500000 €, é primordial para a unidade de Oliveira do Hospital melhorar os indicadores da área de impregnação, garantindo assim a sua subsistência. Em suma, a unidade fabril não é autossuficiente a nível de papel impregnado. Neste caso existem duas soluções, ou investir num novo sistema de impregnação para a unidade de Oliveira do Hospital ou melhorar o *OEE* dos equipamentos existentes.

Assim sendo, e após análise do histórico da área de impregnação, verificou-se que a produtividade ao longo da última década tem vindo a diminuir, embora o potencial se encontre estacionário. No entanto, e segundo relatos de alguns colaboradores com maior antiguidade, faltam meios físicos e informáticos para garantir a performance outrora existente.

Com o objetivo de garantir que todo o papel impregnado é produzido internamente, que o sistema *pull flow* no *Revestimento de Placas* é sustentável e ao mesmo tempo reduzir os custos fabris e ainda garantir a entrega e satisfação cliente propomo-nos com este trabalho, aumentar a produtividade da área de *Impregnação de Papel*, aplicando metodologias de *Lean Manufacturing*.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo introduzem-se fundamentalmente os princípios básicos das ferramentas teóricas usadas nos capítulos subquentes. Uma vez que o estudo aqui reportado se centra na definição de práticas otimizadas que permitam aumentar KPIs , e uma dessas práticas é justamente a otimização da função manutenção, a secção 2.1 aborda fundamentos da manutenção enquanto prática industrial. Como são igualmente usadas as clássicas ferramentas da Gestão da Qualidade, particularmente as que se enquadram no âmbito do controlo da qualidade, a secção 2.2 apresenta uma revisão sumária das suas bases. Na secção 2.3 são revistas técnicas usadas dentro da abordagem de otimização *Lean Manufacturing*. Finalmente na secção 2.4 são introduzidas algumas ferramentas estatísticas (referentes a estatística básica), que serão igualmente usadas na caracterização do regime de produção.

### 2.1. Secção Manutenção Produtiva Total (TPM)

Este capítulo inicia-se por uma análise das bases fundamentais da Manutenção Produtiva Total, que é mais vulgarmente conhecida pela designação em inglês *Total Productive Maintenance* (TPM). Assim, deste ponto em frente, será adotada a sigla TPM para designar Manutenção Produtiva Total. Na secção 2.1.1 será introduzido o conceito de manutenção e na secção 2.1.2 será revista a sua evolução. A seguir discutem-se as tipologias de manutenção, os objetivos que estão normalmente em jogo para a função manutenção, particularmente ao nível da sua gestão. Na secção 2.1.5 são revistas as etapas de implementação do TPM e a sua aplicabilidade no universo deste estágio, concretamente na Sonae Arauco.

#### 2.1.1. Manutenção

De acordo com a norma EN 13306 de 2007 (Norma Europeia, 2007), a manutenção representa a ação combinada de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante o tempo de vida de um bem/equipamento. Estas ações visam manter ou repor o equipamento num estado em que execute as tarefas para o qual foi projetado/concebido. Segundo a norma, a gestão da manutenção complementa todas as atividades de gestão no âmbito dos objetivos, estratégias e responsabilidades no que diz respeito à manutenção.

Para Cabral (2006) a manutenção define-se como um conjunto de ações com o objetivo de assegurar o bom funcionamento dos equipamentos, bem como garantir que essas intervenções ocorrem sem prejudicar a disponibilidade da máquina. Assim, é possível verificar a extrema importância que a manutenção representa na indústria, uma vez que é necessário garantir o perfeito estado de funcionamento de todos os equipamentos para que sejam atingidos os requisitos de qualidade e de produção. A manutenção representa um elo muito importante de ligação entre a produção e os órgãos mecânicos, tendo como principais objetivos (Levitt, 2011):

- Manter os equipamentos no perfeito estado de funcionamento de forma eficiente e com segurança para os operadores;
- Manter os equipamentos na sua taxa de disponibilidade máxima;
- Manter os equipamentos com uma fiabilidade adequada;
- Prolongar a vida útil do equipamento;
- Reduzir os custos associados à manutenção.

### **2.1.2. Evolução da Manutenção**

As primeiras formas de manutenção remontam aos tempos dos primatas, que reparavam as suas ferramentas quando estas apresentavam algum desgaste. Contudo, foi apenas após a Revolução Industrial no século XVIII e aliada a um grande avanço tecnológico, que a função da manutenção emergiu na indústria com o objetivo de garantir o trabalho em contínuo dos equipamentos. Neste cenário o próprio operador da máquina era responsável pelo seu cuidado e manutenção (Wirebsk, 2007).

O cenário anterior manteve-se até à I Guerra Mundial, onde as linhas de montagem introduzidas por Henry Ford iniciaram a procura por sistemas de manutenção mais eficientes, vocacionados para o que se denomina atualmente a manutenção corretiva. Após a II Guerra Mundial, a necessidade de produções cada vez mais elevadas levou a que se começasse a praticar a monitorização de máquinas e equipamentos com base no tempo de disponibilidade e na fiabilidade. De acordo com Farinha (2011) o advento dos sistemas de informação e de engenharia da manutenção permitiram alterar a forma de planear as intervenções de manutenção. Este tipo de manutenção ficou caracterizado como manutenção preventiva, uma vez que ocorria previamente ao colapso da máquina e está vulgarmente incluída num plano temporal.

Assim sendo, a função manutenção, na forma corretiva e preventiva assumiram dentro da indústria uma posição hierárquica igual à produção, sendo igualmente relevante para a otimização do processo. A seguir caracterizam-se ambos os modos de manutenção. Note-se que, cada vez mais a indústria pretende minimizar a manutenção corretiva e maximizar as ações planeadas. Isto decorre do facto de ações de manutenção corretivas estarem geralmente associadas a falhas ocorridas que têm (ou tiveram) impacto na produção e sobretudo trouxeram incerteza. A manutenção preventiva envolve gestão e planeamento e permite minimizar perdas.

### **2.1.3. Tipos de manutenção**

Nesta secção serão abordados sumariamente os tipos de manutenção, nomeadamente a manutenção corretiva e a manutenção preventiva.

#### **2.1.3.1. Manutenção Corretiva**

Segundo a norma EN 13306 de 2007 (Norma Europeia, 2007), a manutenção corretiva ocorre após existir a deteção de uma avaria e tem como objetivo repor o estado normal de funcionamento do equipamento. As avarias surgem sem aviso prévio; logo, a sua reparação será não planeada, o que conduz a que os custos sejam mais elevados.

A manutenção corretiva, segundo Monchy (1987) pode ainda ser dividida em manutenção curativa e paliativa. Denomina-se por curativa quando as intervenções visam resolver definitivamente a avaria e paliativa quando as intervenções têm como objetivo reparar provisoriamente a avaria para que o equipamento volte a estar disponível para funcionamento. A escolha do método é justificada pelos custos que lhe estão associados, bem como pelo tempo que o equipamento se encontrará indisponível.

#### **2.1.3.2. Manutenção Preventiva**

A manutenção preventiva, é como o nome indica, uma manutenção de prevenção, isto é, tem como objetivo primordial evitar que a falha ocorra.

Para Slack (2002) a manutenção preventiva “visa eliminar ou reduzir as probabilidades de falha por manutenção em intervalos de tempo pré-definidos”. Contudo, existe um grande constrangimento neste tipo de manutenção, que se deve ao facto de se basear em estatísticas básicas, não tendo em conta o tempo em que a máquina não está a

produzir nem o tipo de funcionamento que apresenta. Citando Almeida (2000) “o tempo médio entre falhas (TMF) não será o mesmo para uma bomba que trabalha com água e para uma que bombeia materiais abrasivos de minérios.”

De seguida será sumariamente apresentada uma ferramenta que permite implementar e gerir a manutenção (corretiva e preventiva) de uma unidade industrial, o TPM.

O TPM é uma filosofia de gestão da manutenção que teve início no Japão na década de 60 do século XX. Este tipo de programa distingue-se dos restantes, uma vez que todos os colaboradores são responsáveis pela utilização e manutenção dos equipamentos que utilizam. Seiichi Nakajima (1989), foi primeira a desenvolver o estudo da manutenção preventiva, pois até então a indústria japonesa trabalhava apenas com manutenção corretiva. Este modo de ação prejudicava-a dado que além de provocar um grande aumento nos custos, baixava a qualidade do produto final.

Já na década de 60, com o aparecimento da automatização dos equipamentos, o TPM foi introduzido em alguns sectores industriais, como o automóvel, sendo a Toyota um exemplo. Esta é tida como a primeira abordagem à manutenção produtiva. Esta função envolve apenas os departamentos de produção e manutenção e é levada a cabo principalmente pelos operadores da produção. A ideia central é preservar os equipamentos e ferramentas que utiliza. Isto traduz-se num modelo de gestão que garante a qualidade dos serviços prestados evitando o aumento de custos com o processo produtivo. Assim, o TPM irá reduzir as perdas, as paragens, os custos e garantir a qualidade num processo de fluxo constante dado que o sistema de produção *Just in Time* (*JIT*) não poderá operar se o equipamento falhar ou se a qualidade diminuir (Pinto,2006).

Com o objetivo de premiar o sucesso alcançado com a implementação do TPM entre 1971 e 1982, foi atribuído um prémio de excelência na implementação da ferramenta. Esse prémio foi atribuído a 51 unidades industriais e entre 1982 a 1988 a mais 65. No total das 116 empresas que receberam este prémio, a maioria faziam parte do grupo Toyota sendo que todas elas operavam segundo a filosofia de produção *JIT* (*Just in Time*).

A partir da década de 80 e de acordo com Takahashi e Osada (2013) o TPM foca-se em reduzir todas as perdas para zero, ou seja, eliminar os principais desperdícios nos equipamentos (perda por falha, ajuste, velocidade reduzida, defeitos do processo e falhas no início de produção). Já no início do década de 90, os seus fundamentos são alterados e passam-se a focar na redução de custos da empresa, surgindo, assim, a manutenção

como algo decorrente da análise de fiabilidade. Esta alteração de paradigma permite a melhoria da capacidade produtiva, qualidade e prazos de entrega de um bem ou serviço. A partir de 1999 e até aos dias de hoje uma visão mais lata é adotada e o envolvimento de toda a organização na redução de perdas, custos e maximização da eficiência é fundamental.

#### 2.1.4. Objetivos do TPM

Segundo Pinto (2017) o principal objetivo do TPM é a eliminação de falhas e desperdícios. No entanto, desdobra-se em:

- Maximizar a eficiência e a utilização do equipamento, isto é, produzir com qualidade e performance;
- Desenvolver um sistema de manutenção produtiva (proactivo) para a totalidade do ciclo de vida do equipamento e das instalações;
- Envolver todos os colaboradores da empresa que planeiam, definem ou usam o equipamento e instalações na implementação dos princípios e ferramentas do TPM;
- Promover o TPM através da motivação das pessoas e em pequenos grupos autónomos.

Como referido anteriormente, a procura constante do aumento da eficiência dos equipamentos é uma das grandes mais valias do TPM. Assim, um indicador capaz de caracterizar o principal objetivo do TPM é o OEE, ver Equação (2.1) e é calculado para um dado período de tempo, através da *Disponibilidade* do equipamento pela Equação (2.2), da *Qualidade* do produto final, modelada pela Equação (2.3) e da *Performance* da máquina (Equação 2.4):

$$OEE = D \times Q \times P \quad (2.1)$$

onde

*D* é a *Disponibilidade*, *Q* é a *Qualidade* e *P* a *Performance*.

Por sua vez

$$D = \frac{T_o}{T_f} \quad (2.2)$$

$$Q = \frac{P_t - P_d}{P_t} \quad (2.3)$$

$$P = \frac{P_t \times T_{ci}}{T_o} \quad (2.4)$$

onde,  $T_o$  é o tempo de operação,  $T_f$  é o tempo de operação disponível do ponto de vista teórico,  $P_t$  é a produção total,  $P_d$  é a produção defeituosa,  $T_{ci}$  é o tempo de ciclo objetivo/ideal. Note-se que esta definição está diretamente ligada a processos produtivos.

Como referido por Nakajima (1989) aquando da sua experiência, os valores ideais de *OEE* numa linha de produção deverão ser superiores a 80%. Atualmente e de acordo com a *OEE Standard* (2018) valores de *OEE* de 85% são considerados *target* a uma escala mundial. De referir que o TPM tem um impacto maior na Disponibilidade de equipamento, e por isso é nesta componente que se verificam maiores incrementos. Segundo Wireman (1991) e Levitt (2011), como resultado de implementar o TPM obtém-se uma redução de cerca de 99% as falhas não planeadas e uma redução de 30% nos custos de manutenção e eliminação de potenciais falhas ambientais e de segurança. É de destacar que um programa TPM requer uma média de implementação de 3 a 5 anos, até se atingir os valores referidos anteriormente (Wireman, 1992).

### 2.1.5. Etapas de implementação do TPM

O TPM representa um sistema holístico que vai muito além da manutenção. Assim, a filosofia TPM apresenta 12 fases de implementação (Nakajima, 1989). Pinto (2017) no seu livro faz referência ao caminho a seguir para a implementação do TPM e quais os seus passos fundamentais. Também Suzuki (1994) apresenta um modelo idêntico. De seguida são introduzidas cada uma das etapas que permitem a implementação de um programa de TPM, segundo Nakajima (1989), Pinto (2017) e Suzuki (1994).

Assim sendo, inicia-se o processo com o anúncio oficial onde todos os funcionários (desde gestão de topo até aos colaboradores) devem compreender o motivo de implementar um programa TPM, bem como estarem perfeitamente convencidos da

sua necessidade. A segunda etapa compreende um trabalho de consciencialização, formação e campanha para a que todos os funcionários compreendam os conceitos associados ao TPM, complementando assim a etapa número 1. Numa terceira etapa será criada a equipa de trabalho, que será responsável pela implementação do programa TPM. Na quarta etapa são definidos os objetivos, bem como o âmbito do programa de TPM. Numa quinta etapa é criado o plano de implementação do projeto, que deverá conter os marcos principais do planeamento, bem como uma clara definição dos responsáveis e datas previstas para cada tarefa.

A próxima etapa é o arranque das tarefas, nomeadamente na tentativa de eliminar grandes desperdícios e repor a situação inicial do equipamento. Na sétima etapa são implementados os pilares produtivos, ou seja, as melhorias específicas (melhorias identificadas com o objetivo de atingir condições ideais de operação), a manutenção autónoma (basicamente o operador assumir a responsabilidade de garantir as condições mínimas de funcionamento do equipamento em que trabalha), a manutenção planeada (tarefas planeadas ou rotinas de cariz preditivo, realizadas normalmente pela equipa de manutenção) e a formação das equipas (garantir que cada elemento tem a informação e formação que necessita para desempenhar cada tarefa).

A oitava etapa contempla o controlo inicial e aplica-se quando se instala um equipamento de raiz, garantindo que o mesmo se enquadra na estratégia pretendida. De seguida temos a manutenção da qualidade que visa fabricar bem à primeira vez e assim evitar defeitos através do processo ou equipamento.

Na décima etapa pretende-se envolver áreas administrativas e de apoio, e visa otimizar o fluxo de informação entre departamentos (por exemplo, minimizar o tempo de processamento de um pedido de compra pelo departamento de compras) A décima primeira etapa contempla a Segurança, Higiene e meio ambiente, e trabalha na prevenção de acidentes e melhoria das condições de trabalho. Finalmente, a última etapa é a consolidação das metas alcançadas, análise das lições aprendidas e definição de novos objetivos.

De seguida, na Figura 2-1, e apenas como exemplo, serão apresentados os passos/pilares que a Sonae Arauco acredita ser a base do TPM. Como podemos observar esta “Casa do TPM” tem algumas etapas coincidentes com o mencionado anteriormente.

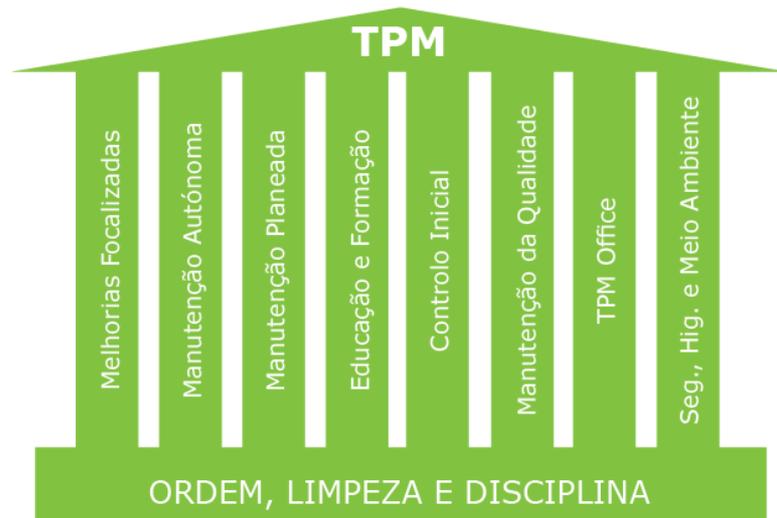


Figura 2-1. Os 8 pilares do TPM Fonte: Sonae Arauco

Na base da pirâmide encontra-se o protocolo 5S, ferramenta que será descrita na secção 2.3.3. Em relação a cada um dos pilares listados têm-se *Melhorias Focalizadas* que visam eventos específicos de melhoria e instalações. Na *Manutenção Planeada* pretende-se garantir que os equipamentos não têm avarias e que não produzem defeitos. Na *Manutenção Autônoma* existe o envolvimento dos utilizadores dos equipamentos para efetuar tarefas básicas de manutenção. Na *Gestão Inicial* do equipamento pretende-se preparar no arranque todos os aspetos relacionados com manutenção (autónoma, planeada, peças de substituição). A *Manutenção para a Qualidade* envolve trabalhos relacionados com a robustez dos equipamentos para evitar defeitos e não qualidade (por exemplo instalar sistemas anti erro como o *poka yoke*). De seguida temos o *Office TPM* com objetivo de envolver todos os intervenientes e garantir a cooperação horizontal, entre equipas e o envolvimento da gestão de topo. O pilar do *Ambiente e Segurança* visa garantir que o trabalho efetuado não tem impacto ambiental e na segurança das pessoas e equipamentos. Por fim, para garantir que o nível de informação chega a todos os intervenientes e que as equipas sabem realizar as tarefas necessárias, existe o pilar da *Formação e Treino*.

## 2.2. Ferramentas para a Qualidade

As empresas hoje em dia necessitam de garantir a qualidade dos produtos e de os certificar segundo modelos de referência, como é o exemplo da certificação ISO 9001. Segundo Juran (1963) produzir com qualidade é garantir a satisfação do cliente em primeiro lugar.

Para além disso estamos a garantir a redução de custos de processamento ao produzir sem falha. As ferramentas mais utilizadas na Gestão da Qualidade devem ser encaradas, de acordo com Yoshinaga (1988), como um meio para atingir metas e/ou objetivos. Várias ferramentas enquadram-se nas fases controlo e planeamento da qualidade, que permitem compreender a razão dos problemas, sistematizar a sua resolução e, assim eliminá-los. De acordo com Marques (2012) as sete ferramentas para o controlo da aplicadas a nível da indústria são Diagramas de Pareto; Histogramas; Diagrama de causa efeito ou *Ishikawa*; Folha de verificação; Cartas de controlo; Fluxogramas; e Gráficos de tendência.

De seguida, cada uma das ferramentas da qualidade será apresentada de forma resumida, seguindo-se o enquadramento usado por George (2003). O Diagrama de Pareto é um gráfico de barras que ordena a frequência das ocorrências de falha, normalmente da maior para a menor, permitindo assim ordenar ou priorizar os problemas. Adicionalmente apresenta a cumulativa da percentagem das causas de falha. O Histograma é um gráfico que analisa a frequência de uma ocorrência em função de intervalos pré definidos (também definidos como classes). O Diagrama de Causa Efeito permite analisar a causa em função do efeito provocado, sendo uma construção que sistematiza conhecimento útil para planeamento de atuações. A Folha de Verificação é estruturalmente constituída por tabelas onde são registados dados com o objetivo de os organizar e facilitar a sua análise ou utilização *a posteriori*. As Cartas de Controlo Estatístico permitem analisar se um processo está ou não sobre controlo estatístico, através da definição de limites de controlo superior e inferior para o parâmetro em estudo, os quais traduzem o comportamento standard ou desejado para o processo. É o seu papel detetar potenciais causas especiais de não conformidade e servir de *trigger* de investigação delas e posteriormente á atuação com vista à sua eliminação. Os Fluxogramas são diagramas que permitem normalmente ilustrar as transições e/ou interações existentes entre passos de um processo. Finalmente os Gráficos de Tendências utilizam métodos estatísticos para examinar e prever mudanças espectáveis dentro de um processo.

A seguir revê-se mais pormenorizadamente a ferramenta da qualidade usada no âmbito deste trabalho.

### **2.2.1. Diagrama de causa efeito ou Ishikawa**

Uma das 7 ferramentas para o controlo da qualidade, de acordo com o modelo 6 sigma, é o diagrama de peixe ou diagrama de causa efeito. Este diagrama foi desenvolvido por

Kaoru Ishikawa e ajuda a identificar causas ou fatores que permitam verificar a relações entre causa e efeito numa perspectiva de sistematizar conhecimento qualitativo. Segundo Whiteley (1992) o diagrama permite a partir de grupos básicos de possíveis causas de variabilidade, desdobrar até níveis de detalhe adequados e assim propor soluções para o problema. Note-se que segundo Mitra (1998) as causas mais importantes para o problema são representadas como espinhas principais. Se necessário estas podem resultar noutras até se obterem causas indivisíveis que permitam atuação. Assim sendo o diagrama pode dividir-se em 6 grandes categorias/causas de variabilidade, ou seja, Mão-de-obra; Métodos; Máquina; Materiais; Medida; e Meio-Ambiente. Uma exemplo de estrutura de um diagrama de causa efeito é o mostrado na Figura 2-2.

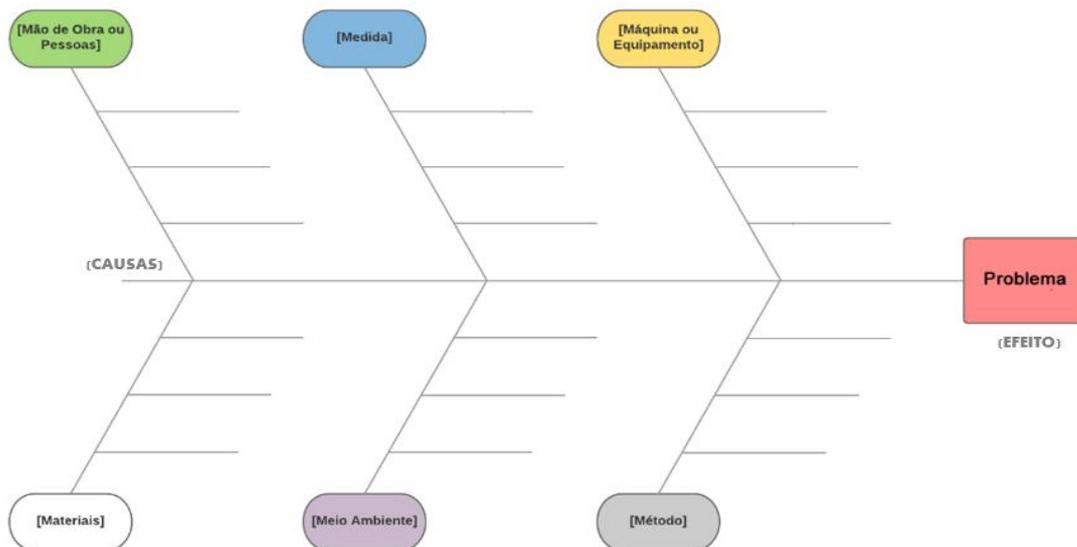


Figura 2-2. Diagrama causa efeito. Fonte: Hutchinson Borrachas de Portugal e do autor

De acordo com Lins (2003) as vantagens de utilização deste método são:

- O diagrama é educativo levando a uma hierarquização das causas identificadas;
- O foco passa a ser explicitamente o problema, que toma lugar de espinha central e deve ser quantificado, tanto quanto possível;
- Conduz a uma efetiva pesquisa de causas evitando desperdício de esforços;
- Identifica a necessidade de dados para efetivamente comprovar ou refutar as possíveis causas identificadas;

- Aumenta o nível de compreensão do problema, através de ferramentas de *brainstorming*.

De referir ainda que segundo Mitra (1998) a elaboração de um diagrama de *Ishikawa* é constituída pro 4 passos. O primeiro é a clarificação do objetivo e sempre que possível deve ser acompanhado por uma métrica, o segundo passo contempla a procura e análise das causas do problema (através de *brainstorming*, observações, sínteses do problema e revisão do diagrama), o terceiro passo será a determinação das causas de atuação (por exemplo, através de um diagrama de pareto) e por fim a definição de ações para combater as causas principais.

## 2.3. Lean Manufacturing

Nesta secção analisam-se ferramentas típicas de *Lean Manufacturing*, que visam fundamentalmente simplificar as operações na linha de produção e os processos por forma a aumentar a produtividade.

Segundo Suzaki (2013) o *Lean Manufacturing* é uma filosofia que nasce com o *Toyota Production System* (TPS), criado por Taiichi Ohno, após uma visita à empresa americana Ford, onde constatou que a empresa nipónica não conseguia satisfazer o mercado interno, da mesma maneira que a produção em massa, realizada pela empresa americana, satisfazia. Assim, começou a trabalhar numa filosofia de trabalho, com objetivo de criar uma cultura empresarial forte, trabalhando nos valores e motivações de todos os colaboradores da empresa (desde a gestão de topo até ao operador). Dessa filosofia 5 grandes conceitos surgem:

- Valor acrescentado;
- Desperdício;
- Fluxos produtivos;
- Melhoria contínua;
- Envolvimento de colaboradores.

A filosofia do *Lean Manufacturing* surge com objetivo de eliminar desperdícios, como por exemplo movimentos desnecessários de pessoas ou materiais, tendo como consequência uma otimização de fluxos produtivos. Desta forma o valor acrescentado dos bens ou serviços produzidos numa empresa aumenta, seja pelo aumento de produtividade,

ou em certos casos, pela redução de preço junto do cliente final. Todo este processo exige um envolvimento dos colaboradores, garantindo assim que o processo é sustentável (George et al., 2004).

Como principais e mais conhecidas ferramentas de *Lean Manufacturing* surge o VSM/VSD (*Value Stream Mapping/Value Stream Design*), o JIT (*Just in Time*), Produção em *Pull Flow*, o TQM (*Total Quality Management*), o TPM (já mencionado anteriormente), o SMED (*Single Minute Exchange Die*), metodologias assentes em *Visual Management*, Standardização/Normalização de processos e meios. Mais uma vez estas ferramentas são facilitadores para atingir os resultados pretendidos e garantir a excelência de processos (Suzaki, 2010)

De acordo com estas ideias, várias ferramentas *Lean* foram utilizadas neste estudo, nomeadamente a Normalização, a ferramenta dos 5S e a utilização de Sistemas de Controlo de Parâmetros, vulgarmente conhecidos como ANDON, que se enquadram no âmbito das *Visual Management Tools*. Esta filosofia e ferramentas são aplicadas ao longo dos últimos anos em diversas indústrias, e são vários os exemplos de artigos/projectos complementares a esta revisão bibliográfica. Por outro lado elas estendem-se da fase de projeto à fase de operação. Exemplo são:

- Projecto: Projecto Lean na departamento de componentes mecânicos da Renault Cacia (Soares, 2017);
- Projecto: Lean Manufacturing – Análise funcional de implementação da metodologia lean numa indústria alimentar (Rovisco, 2017);
- Flexibility versus Efficiency? A case study of Model Changeovers in the Toyota Production System (Adler et al., 1999).
- 

De seguida analisam-se com maior detalhe algumas das ferramentas mencionadas anteriormente.

### **2.3.1. Normalização**

A melhoria contínua é uma atividade que potencia a qualidade, entrega, segurança, custo e motivação das equipas. Segundo Pinto (2014), a implementação e cumprimento de *standards* (procedimentos de referência) são atividades fundamentais para manter a situação atual e reduzir a variabilidade do processo e consequentemente do produto final.

De acordo com a Figura 2-3, sem cumprir *standards* não é realmente possível melhorar de forma sustentável. Podemos observar que a procedimentação ajuda a manter a posição sempre que é feita uma melhoria, ou seja, evita que exista regressão, servindo assim de “calço”. Uma empresa que tenha já um longo histórico de melhoria contínua, tem sempre associado a ela um sistema de implementação e gestão de procedimentos de normalização. Estas empresas tendem a dar ênfase à importância dos *standards*, atualizá-los frequentemente e partilhar as boas práticas entre todos os elementos da organização.

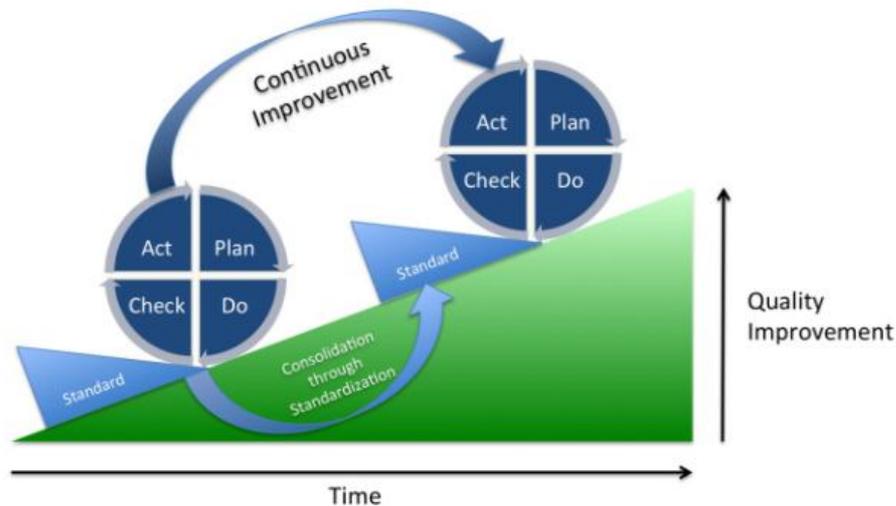


Figura 2-3. Relação melhoria contínua com os standards. Fonte: Kaizen Institute Portugal

De acordo com Suzaki (2013), um dos grandes pontos de foco do sistema é a segurança do utilizador final, logo se um operário fizer uma mesma operação de forma diferente a cada vez que realiza uma tarefa, provavelmente levará a riscos de segurança descontrolados e elevados. Mesmo quando a operação não está diretamente relacionada com segurança e fiabilidade do produto, a incapacidade de cumprir *standards* pode levar a projetos inconsistentes, defeitos, retrabalho e desmotivação de colaboradores. De seguida serão listados os principais objetivos para a definição de *standards*:

- Reduzir a variabilidade e aumentar a previsibilidade do processo e do produto;
- Clarificar processos;
- Facilitar a comunicação;
- Implementar boas práticas;
- Disponibilizar uma base de dados para melhorias;
- Eliminar retrabalho, defeitos, problemas de fiabilidade e de segurança dos produtos;
- Facilitar a resolução de problemas.

Uma vez que os *standards* têm uma importância elevada na gestão do dia-a-dia de uma fábrica, alguns exemplos usados são marcações amarelas no chão, a codificação por cores, os sistemas ANDON, os procedimentos de arranque, manipulação e paragem de equipamentos, os *standards* listando parâmetros de processo (*set-points*), e o quadro de amostras e matrizes de polivalência (Shook, 2009).

Segundo Bosch (2018), “um *standard* é a melhor forma de executar um processo ou tarefa até ao momento atual”. Deve ser claro e conhecido por todos dentro da organização, garantindo, assim, a sua compreensão e aplicação, e ainda deve estar disponível no local de uso.

### 2.3.2. ANDON

O sistema ANDON (do japonês, Lâmpada) é uma ferramenta de *Lean Manufacturing* que utiliza sinais luminosos ou sonoros para informar se existem alterações no processo a controlar. O sistema pode ser utilizado pelos colaboradores ou pelos próprios equipamentos para no momento atual fornecer informações pertinentes que facilitem a tomada de decisão. Segundo Greenfield (2009), as principais funcionalidades deste sistema de controlo são:

- Visualizar o volume de produção;
- Controlar parâmetros de processo;
- Controlar volumes de produção;
- Assinalar avarias e falhas no processo;
- Controlar a não qualidade;
- Alertar para paragens longas do processo;
- Alertar para faltas do operador.

Cada sistema ANDON deve ser preparado e adaptado à necessidade inerente no momento, requerendo, no entanto, um certo desenvolvimento tecnológico. A sua complexidade pode ser variável, sendo na sua forma mais simplificada apenas um sistema de luzes com várias cores, até ao controlo de parâmetros e condições de equipamento (Bosch, 2005). De seguida é apresentado um sistema ANDON (Figura 2-4), onde verificamos qual o objetivo de cada turno. Na parte esquerda do sistema lista-se o número de peças defeituosas por processo, neste caso, os processos 2 e 3 estão manifestamente no limite e por isso estão assinalados a amarelo.



Figura 2-4. Exemplo de sistema ANDON. Fonte: Robert Boch Travões Unipessoal.

### 2.3.3. A ferramenta 5S

A ferramenta 5S é uma das primeiras técnicas de normalização a pôr em prática aquando da implementação de ferramentas de melhoria contínua e normalização. Segundo Scotchmer (2007) a sigla 5 S associa-se à primeira letra de palavras japonesas de cada uma das operações a implementar nesta técnica, ou seja, *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, segundo o ciclo configurado na Figura 2-5. Note-se que é uma ferramenta de melhoria contínua cujos objetivos se sucedem e as intervenções vão numa perspetiva de tornar mais simples o processo.



Figura 2-5. Ciclo dos 5S. Fonte: Dynargie

O primeiro S, “Seiri” ou *Arrumação*, tem como objetivo manter no local de trabalho o estritamente necessário, e assim liberta-lo de tudo o que não é estritamente necessário. No final desta etapa, o colaborador fica liberto de ferramentas, utensílios ou objetos que não estejam ligados à sua operação ou a tarefas a realizar.

O segundo S, “Seiton” ou *Ordem* consiste em dispor os meios necessários de forma arrumada e ordenada, de modo a evitar movimentos ou gestos inúteis. Uma das ideias centrais nesta fase é que existe “um lugar para cada coisa e cada coisa no seu lugar”. O terceiro S, “Seiso” ou *Limpeza*, assegura o estado de limpeza do local de trabalho. As sujidades, poeiras, fugas de óleo ou outros materiais devem ser tratados e resolvidos nesta etapa. A limpeza conveniente irá evitar anomalias, bem como desgastes prematuros de alguns equipamentos

A quarta operação, “Seiketsu” ou *Padronizar*, é a etapa onde as regras são definidas, ou seja, é feita a normalização. Neste *standard* deve ficar bem claro quais os objetos associados ao posto de trabalho, onde devem estar arrumados e como se deve manter limpo. Deste modo ficam aglutinados os três anteriores S’s. A quinta operação, “Shitsuke” ou *Disciplina* resulta no objetivo de manter as boas práticas e garantir o cumprimento das normas estabelecidas. Pode-se recorrer a auditorias, com objetivo de medir o nível de cumprimento das regras definidas. Nesta fase a importância do líder da equipa é primordial para garantir a sustentabilidade da ferramenta.

Segundo (Hough, 2008) a implementação de um programa de 5S obriga a um envolvimento de toda a organização, nomeadamente que a equipa acredite e participe ativamente na implementação de cada S. O envolvimento da gestão de topo é também primordial para garantir os resultados pretendidos, onde se destacam:

- Melhoria da qualidade de vida;
- Aumento da produtividade;
- Prevenção de acidentes;
- Ajuda na deteção de erros e objetos fora do local previsto;
- Melhoria da qualidade de serviço ou produto.

Segundo Suzaki (2010) ao trabalhar na implementação de um programa 5S verificar-se-á a médio e longo prazo mudanças comportamentais a todos os níveis hierárquicos, permitindo às áreas visadas rapidamente melhorar o seu ambiente organizacional, aumentar a motivação e com maior qualidade de vida aumentar a produtividade e eficiência. Foi na década de 60 do século XX, e através da implementação deste programa, que as indústrias japonesas voltaram a ser competitivas no cenário internacional e assim impulsionaram a economia do próprio país (Scotchmer, 2007). Esta

metodologia é aplicada em várias indústrias (nomeadamente sector automóvel) e pode ser aprofundada consultando:

- The 5S Kaizen concept for overall improvement of the organization: A case study (Gupta e Jain, 2014);
- Implementation of 5S Practises in the Manufacturing Companies: A Case Study (Rahman et al., 2010).

## 2.4. Análise Estatística (Estatística descritiva básica)

Nesta secção analisam-se ferramentas típicas de estatística usadas com o objetivo de ajudar na tomada de decisão, com base em factos recolhidos e acumulados de forma organizada.

Segundo Guimarães e Cabral (1997) a estatística é um método cujo objetivo fundamental é a recolha, compilação, análise e interpretação de dados. Assim sendo, quando estamos a estudar um fenómeno e deparamos com uma situação de incerteza, o que teremos como consequência é a impossibilidade de conhecer o fenómeno de forma rigorosa. Normalmente e segundo Murteira e Black (1983), começa-se por recolher ou compilar factos que pareçam relevantes sobre atributos do fenómeno em estudo. Estes factos devem conter informação e serem acumulados de forma organizada, sendo por isso designados por dados. No caso de se referir a dados de natureza quantitativa, os dados são denominados por numéricos. Segundo Smith (1998) quando os objetos em estudo são irrelevantes, o tratamento estatístico pode não passar de uma descrição de dados recolhidos, surgindo assim a estatística descritiva. Torna-se então vital conhecer expressões como população e amostra, onde a população é o conjunto de dados que expressam a característica em causa para todos os objetos sobre os quais a análise incide, e a amostra corresponde apenas a um subconjunto de dados que pertencem à população global (Guimarães e Cabral, 1997).

Neste seguimento surge o termo estatística de localização ou de caracterização do primeiro momento da distribuição, sendo que a mais comum é a média amostral, Equação (2.5), onde para uma amostra constituída por  $N$  dados  $x_n$  ( $n = 1, 2, 3, \dots, N$ ) a média amostral é dada por (Smith, 1998):

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \times \sum_{n=1}^N x_n \quad (2.5)$$

Após caracterização da amostra torna-se necessário verificar a dispersão da mesma (ou caracterizar o segundo momento da distribuição), e neste caso a forma mais elementar de caracterizar a variabilidade dos dados que integram uma amostra consiste em calcular a sua amplitude da amostra, ou seja a diferença entre o valor máximo e mínimo dos dados. No entanto este calculo pode ser afetado pelos valores atípicos nos extremos, surgindo assim o intervalo interquartis com o objetivo de despistar estas incoerências ou o desvio padrão. Note-se que o percentil 50% que significa que 50% dos dados têm um valor não superior à mediana, o percentil 25% (1º quartil) e percentil 75% (2º quartil) correspondem às restantes percentagens (Iversen e Gergen, 1997).

Outra medida que permite analisar a dispersão de uma amostra é o cálculo do desvio padrão, e segundo Smith (1998), representa a distância que os valores observados distam da média. Em suma, quanto maior o valor do desvio padrão, maior será a variabilidade dos dados da amostra. O desvio padrão ( $s$ ) é calculado da seguinte forma:

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.6)$$

onde  $n$  é o tamanho da amostra,  $x_i$  o valor da posição  $i$  na amostra e  $\bar{x}$  a média aritmética da amostra. Assim sendo, quando o desvio padrão é pequeno a amostra é considerada homogénea e quando o seu valor é elevado a amostra é considerada heterogénea. No entanto, o desvio padrão apenas descreve adequadamente a dispersão de valores quando a amostra segue uma distribuição normal. Com objetivo de para despistar esta questão, segundo Reis (2008), surge o Coeficiente de Variação ( $Cv$ ) que é uma medida de dispersão relativa, calculada através da seguinte formula:

$$Cv = \frac{s(x)}{\bar{x}} \times 100 \quad (2.7)$$

onde,  $Cv$  é o coeficiente de variação,  $s(x)$  é o desvio padrão da amostra e  $\bar{x}$  a média aritmética da amostra. Reis (2008) considera-se que uma amostra é homogénea quando o  $Cv$  é menor ou igual a 20%. Para valores superiores a 20% considera-se uma amostra heterogénea.

Apesar de referida anteriormente, falta ainda caracterizar a forma de cálculo de outras medidas de localização, como a mediana que segundo Murteira e Black (1983) é

definida pela sua posição na sucessão das observações ou na distribuição de frequências. Nesta situação e de acordo com Morrison (2009) surgem 2 formas de cálculo:

- Se o número (N) de dados que constituem a amostra é ímpar a mediana, Equação (2.6), assume o valor do dado que ocupa posição central no vetor formado por  $(x_1^*, x_2^*, \dots, x_N^*)$ , após ordenação, isto é:

$$Med = x_{(N+1)/2}^* \quad (2.8)$$

- Se o número de dados for par, a mediana (Equação 2.7) assume o valor médio dos dois termos cujas localizações no vetor ordenado se aproximam da posição central, e assim:

$$Med = \left( x_{\left(\frac{N}{2}\right)}^* + x_{\left(\frac{N}{2}+1\right)}^* \right) / 2 \quad (2.9)$$

Outros métodos de análise estatística é a regressão ou correlação, que segundo Neter (1996), são metodologias estatísticas que podem ser utilizadas para modelar a relação entre duas ou mais variáveis. Este método analisa a amostra para identificar como as variáveis poderão estar relacionadas numa população. O objetivo final é estimar o comportamento de uma variável, em função das restantes variáveis existentes. De referir ainda que, a regressão descreve matematicamente o relacionamento entre variáveis e a correlação mede o grau de afinidade entre as mesmas. Um dos métodos existentes é a regressão linear simples, que se representa numa equação matemática linear e descreve a relação entre duas variáveis. Esta equação linear é representada da seguinte forma, segundo Guimarães e Cabral (1997).

$$y = \alpha + \beta x \quad (2.10)$$

onde  $\alpha$  é a interceção com o eixo dos y e  $\beta$  o declive da reta (coeficiente angular).



### 3. ESTADO INICIAL (BASE LINE DO PROJETO)

Neste capítulo, pretende-se caracterizar o estado inicial do processo à data de Fevereiro de 2018. O objetivo fundamental é que ele sirva como referência de comparação em capítulos subsequentes. Para tal, analisaram-se os dados de produção do mês em causa, considerando os mesmos como representativos de um mês normal de produção. Mais se considera que todas as intervenções a efetuar a partir do corrente mês terão um impacto nos resultados obtidos e que as mesmas são aplicadas às duas unidades existentes na área de impregnação. De notar ainda, que antes de iniciar o presente projeto de estágio, já várias medidas/ações tinham sido implementadas, ainda que de forma disruptiva e não sistemática. As alterações implementadas são anotadas em histórico de conhecimento e tidas em conta numa análise comparativa.

De acordo com o descrito no capítulo 1, o processo de impregnação produz vários e diferenciados subprodutos que resultam da manipulação de variáveis como seja, a formulação química e o tipo de papel usado como base. No próximo subcapítulo apresentam-se as principais famílias de produtos da impregnação.

#### 3.1. Caracterização dos subprodutos da impregnação

De forma sucinta o papel impregnado produzido na fábrica de Oliveira do Hospital divide-se em vários grupos (designados por PBA, sendo o P de *paper* e o BA o tipo de família do produto). O que distingue cada um destes grupos é a formulação química utilizada, ou seja, a quantidade de resina ureica, melamínica e aditivos utilizados em cada. Na Tabela 3-1 apresenta-se a distribuição típica de cada um dos produtos para a produção no mês de Fevereiro de 2018. Como principal conclusão, verificamos que mais de 85% da produção é efetuada em impregnação do tipo *standard*.

Tabela 3-1 Distribuição por subprodutos da impregnação.

<b>PRODUTO</b>		<b>Produção (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Produção relativa (%)</b>
PBA02	Standard	1 795 014	85,2
PBA07	Varnipan	0	0,0
PBA09	Flooring	0	0,0
PBA40	Socaring	0	0,0
PBA42	FR e F4	27 552	1,3
PBA44	PLUS	0	0,0
PBA46	BR	38 408	1,8
PBA51	SW	198 393	9,4
PBA80	Embossing	39 818	1,9
Outros		6 953	0,3
Total		2 106 138	100,0

De seguida, independentemente da formulação química (PBA) utilizada, analisamos a produção em termos dos papéis de base usados. Neste caso, na fábrica de Oliveira do Hospital produzem-se 4 tipos de produto: os papéis F (de Fantasia); os papéis M (de imitação de Madeira); os papéis B (de Branco) e os papéis L (de Lisos). Analisando a distribuição da produção por tipo de papel, pode-se consultar os resultados na Tabela 3-2. Como conclusão da análise regista-se que os papéis mais produzidos são os Brancos e os Madeiras, correspondendo a 74,2% do total.

Tabela 3-2: Distribuição por subgrupos do tipo de papel.

<b>TIPO DE PAPEL</b>	<b>Produção (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Produção relativa (%)</b>
B	753 231	42,0
F	118 353	6,6
L	346 302	19,3
M	577 128	32,2
Outros	0	0,0
Total	1 795 014	100,0

Através de uma análise em que se combina o tipo de impregnação com o tipo de papel obtemos as produções listadas na Tabela 3-3. Desta forma, é claro que os produtos

mais significativos na produção e que sobre os quais os resultados de potenciais melhorias terão maior impacto são os papéis produzidos com base na formulação *standard* do tipo B e M, o que corresponde a uma fração de 63,2% da produção.

Tabela 3-3: Combinação entre tipos de impregnação e tipos de papel.

TIPO DE IMPREGNAÇÃO		Tipo (%)	Combinação papéis	Base (%)	Combinação (%)
PBA02	Standard	85,2	B-L	61,3	52,2
			L-M	51,4	43,8
			B-M	74,1	63,2
PBA51	SW	9,4	B-L	61,3	5,8
			L-M	51,4	4,8
			B-M	74,1	7,0

NOTA: Combinação = Calculada multiplicando Tipo x Base

### 3.2. Análise de causas e indicadores (KPI)

Após caracterizar as principais famílias de produtos de impregnação, de seguida serão analisadas as causas de desvios nos KPIs. A primeira métrica analisada foi o OEE, sendo a sua evolução ao longo dos últimos anos mostrada na Figura 3-1. Da sua análise ressalta que este KPI tem evoluído no sentido do aumento nos últimos anos, situando-se já próximo dos 80%. É de notar que valores de OEE de 85% são considerados target a uma escala mundial (OEE Standard, 2018), e por isso existe já alguma proximidade ao objetivo. Nota-se no entanto, que há ainda um potencial de melhoria significativo, e assim sendo, aplicou-se análise de regressão linear (de acordo com a Secção 2.4 do capítulo 2) aos dados relativos aos últimos 4 anos, obtendo-se um declive da reta de 5,3365 que corresponde a um valor potencial de OEE para 2018 de 80,17%.

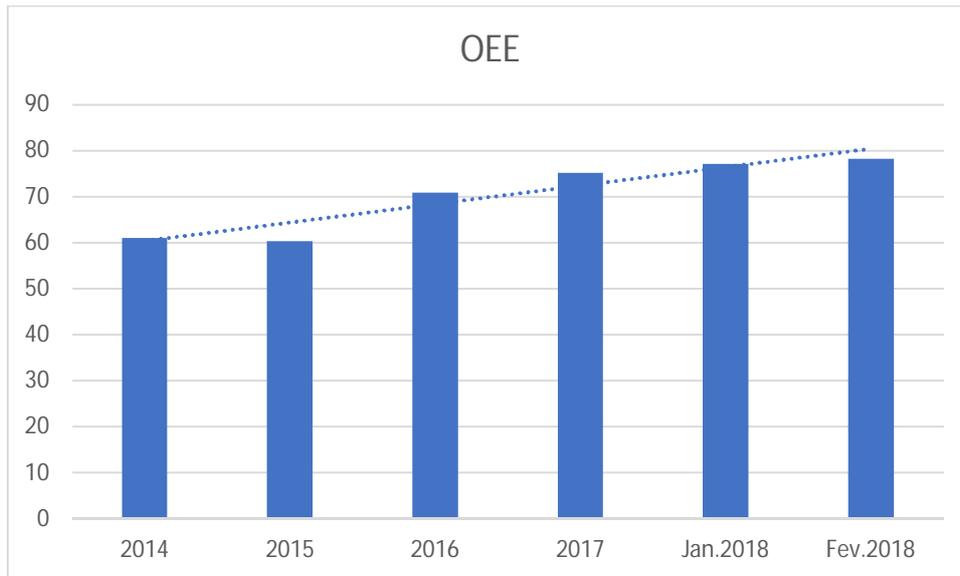


Figura 3-1. Evolução do OEE ao longo dos últimos 4 anos.

De salientar que no capítulo 2 foi referido que o OEE é resultante da multiplicação dos indicadores de *Disponibilidade* de equipamento, pela *Qualidade* e pela *Performance*. De seguida serão analisados cada um destes indicadores individualmente, seja ao nível da sua evolução, seja a sua tendência. De referir ainda que as melhorias verificadas estão associadas ações implementadas, ou seja, caso não seja efetuada nenhuma melhoria é expectável que o valor de OEE fique pelo menos constante.

Na Tabela 3-4 pode-se analisar o valor de cada um dos indicadores, bem como o OEE resultante no ano de 2018 e o objetivo previsto para o ano de 2019. Este *target* surge de acordo com o objetivo do projeto, já definido no capítulo 1.

Tabela 3-4: Resultado e objetivo dos parâmetros e OEE.

	<b>Qualidade (%)</b>	<b>Disponibilidade (%)</b>	<b>Performance (%)</b>	<b>OEE (%)</b>
2017	97,9	92,5	83,4	75,2
Obj 2018	97,9	93,0	94,0	85,5

### 3.2.1. Qualidade

Analisando a qualidade do produto produzido na linha de Oliveira do Hospital, verifica-se que a mesma se encontra nos 97,9%. Este indicador surge no seguimento de uma escolha efetuada no final das linhas de impregnação, onde o mesmo é qualificado como conforme ou não conforme. Tendo em conta o valor apresentado para este indicador

atualmente, e que valores de rejeição entre 2,4% a 3,6% são considerados como referência de não qualidade (Almeida, 2011), este indicador não será alvo de análise e ficará fora do âmbito do projeto. Verifica-se ainda que a margem de melhoria é reduzida, uma vez que o declive calculado através de análise de regressão linear aos últimos 4 anos é de 0,0001, obtendo-se assim um valor potencial de 98% para o ano de 2018. Na Figura 3-2 verifica-se a evolução do indicador de *Qualidade* da área de impregnação, observando-se um valor praticamente constante ao longo dos últimos anos, o que consubstancia a opção de lhe dar reduzida relevância nesta fase.

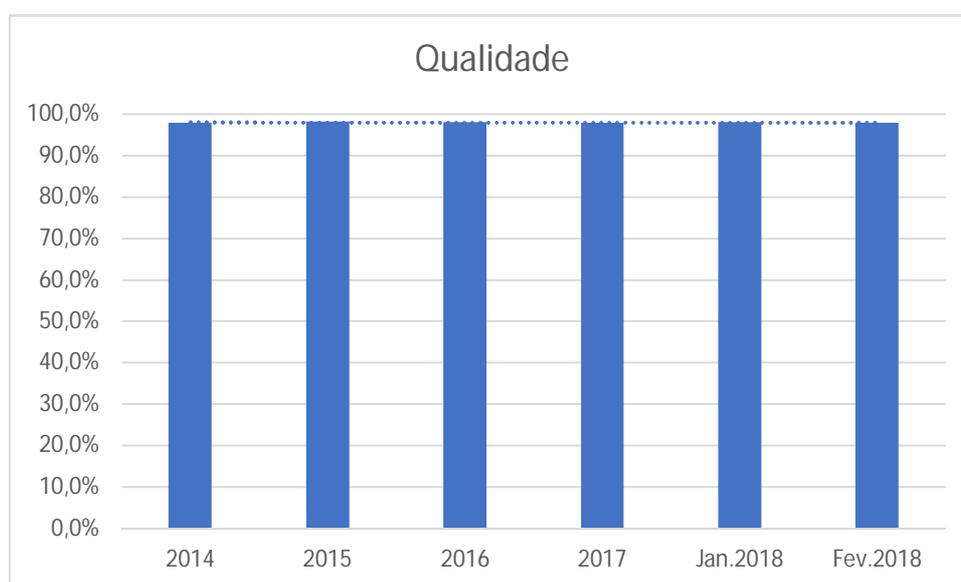


Figura 3-2: Evolução do indicador de *Qualidade* ao longo dos últimos 4 anos.

### 3.2.2. Disponibilidade (*UpTime*)

Em relação ao indicador *Disponibilidade* do equipamento apresenta-se na Figura 3-3 a evolução ao longo dos últimos anos. De referir que a *Disponibilidade* de equipamento representa o tempo em que o equipamento se encontra em operação normal. Quando ocorrer uma paragem prevista ou por avaria, inicia-se a contagem do *downtime* (simétrico do *uptime*).

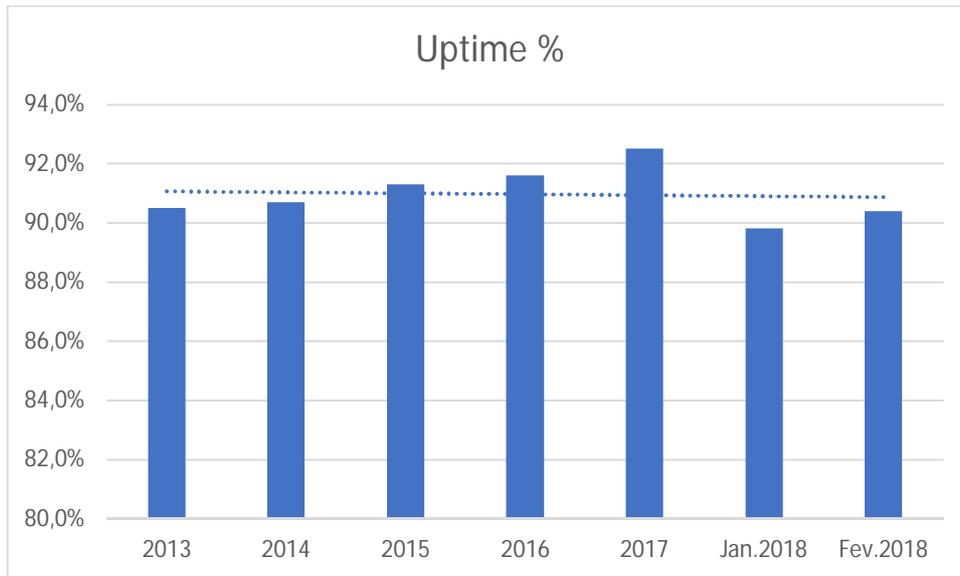


Figura 3-3: Evolução do indicador *Disponibilidade* de equipamento ao longo dos últimos 4 anos.

Como principal conclusão da sua evolução verifica-se que o tempo de paragem dos equipamentos ao longo dos últimos anos tem vindo diminuir. No entanto, nos meses de Janeiro e Fevereiro de 2018 e, em virtude do arranque após os incêndios de Outubro de 2017, verificou-se que o indicador piorou cerca de dois pontos percentuais. Nota-se assim que há ainda um potencial de melhoria significativo, por isso fez-se análise de regressão linear aos dados relativos aos últimos 5 anos, obtendo-se um declive da reta de 0,0049 que corresponde a um valor potencial de *Disponibilidade* para 2018 de 92,79%.

Na Figura 3-4 pode-se analisar o impacto de cada motivo de paragem durante o mês de Fevereiro de 2018.

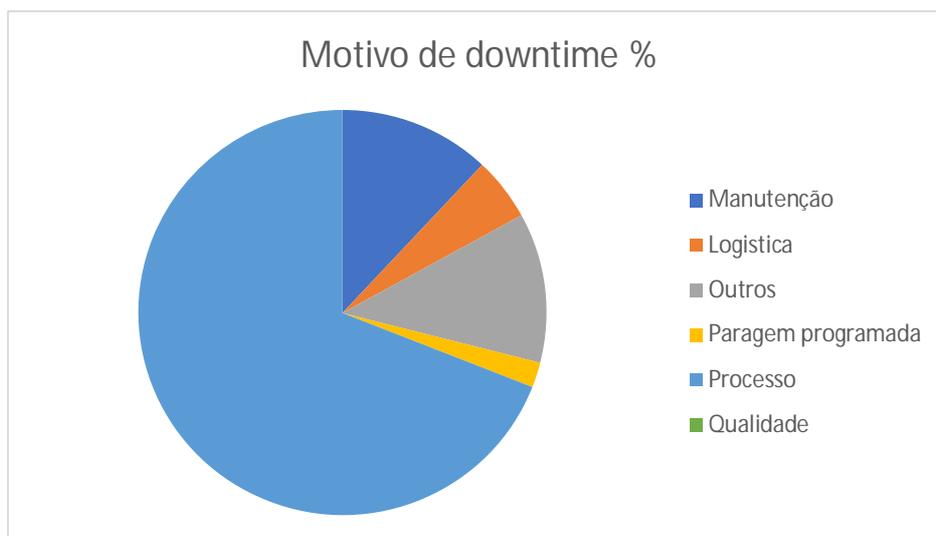


Figura 3-4: Motivos de paragem de equipamentos (Fevereiro de 2018).

Daqui decorre que os motivos de paragem do equipamento, processo e manutenção, são o que mais impacto têm no indicador em questão, correspondendo a 81% das causas de *downtime*. Com o objetivo de facilitar a caracterização dos principais problemas/pontos de gargalo ao nível da produção efetuou-se um trabalho de análise das causas de não *Disponibilidade* do equipamento. Os resultados da análise foram sistematizados na forma de um diagrama de *Ishikawa* (estruturado de acordo com secção 2.2), para o problema de *Disponibilidade* de Equipamento, ver na Figura 3-5.



Figura 3-5: Diagrama de *Ishikawa* relativo à *Disponibilidade* de equipamento.

Após a identificação das causas, foi analisado cada um dos pontos identificados para realmente confirmar a sua pertinência. Esses resultados são apresentados na Tabela 3-5. Note-se que a coluna *status* representa a resolução do problema (OK) ou um problema ainda sem resolução (NOK). É de referir também que todas as causas que foram intervencionadas antes de Fevereiro de 2018 são consideradas como resolvidas (OK). Em contraste, todas as causas não intervencionadas são consideradas NOK e serão alvo de atuação deste estágio, tendo os seus resultados sido analisados posteriormente.

Tabela 3-5: Verificação das causas identificadas para redução da *Disponibilidade* de equipamento.

Causa	Conclusão	Status
Paragens mal colocadas/declaradas	O programa de declaração de paragens foi alterado em M08.2017, para facilitar a interpretação dos dados e em M10.2017, todos os colaboradores foram formados no <i>software</i> em questão.	OK
Bombas encravadas, entupidas ou danificadas	Um sistema de manutenção preventiva está acordado com empresas externas a cada 3 meses.	OK
Partes móveis sem manutenção preventiva (correntes, rolamentos,...)	<b>Não existem registos, nem paragens planeadas para manutenção dos equipamentos móveis. A manutenção é efetuada de maneira curativa.</b>	NOK
Roturas de papel	Alteração da fita adesiva utilizada no processo de “emenda de papel”, efetuada em 2016, reduziu em 80% as roturas de papel no equipamento.	OK
Falta de standards	<b>Não existência de procedimentação para algumas operações.</b>	NOK
Limpeza do equipamento	Embora não seja de forma normalizada, existem rotinas de limpeza, realizadas aquando de cada mudança de série.	OK
Standard do rolo pré molhador	Um documento normalizado foi preparado para a afinação do rolo pré molhador. A formação foi realizada em M01.2018.	OK
Temperaturas provocam entupimento de circuitos de circulação	Com temperaturas baixas o sistema de circulação de resinas tende a gelificar. Para evitar este fenómeno, foi instalada em M08.2017 uma serpentina com fluido aquecido no interior dos tanques de armazenamento e todos os tubos de circulação de resina foram substituídos e montados com declive negativo.	OK
Falhas no <i>chiller</i> , o que altera a performance do circuito de arrefecimento	Em M08.2017, foi revisto e alterado o sistema de arrefecimento, bem como efetuada a manutenção do <i>Chiller</i> . Rotinas de limpeza e inspeção mensal foram implementadas.	OK
Falta de encomendas	<b>Fator externo à fábrica e ao nosso poder de atuação. Dependente do mercado e da estratégia de marketing.</b>	NOK
Absentismo	Durante 2017 foram formados três colaboradores adicionais na área em questão aumentando assim a polivalência. Já em M03.2018 foi formado o terceiro chefe de turno que pode auxiliar a operação desta área se necessário.	OK
Falta de formação dos colaboradores	Em M10.2017 foram realizadas 2 sessões de formação de 8h com os colaboradores da área para uniformização de conceitos, métodos e trabalho.	OK
Paletes danificadas	Em 2017 foi efetuado investimento em 70 paletes e em M06.2018 foram entregues mais 40 paletes.	OK
Rolos de <i>coating</i> gastos	Rolos foram trocados em M08.2017 e atualmente têm uma rotina de revisão mensal e com uma periodicidade de troca de 3 em 3 anos.	OK
Papel muito seco ou húmido	O teor de humidade e de voláteis é utilizado como parâmetro de qualidade e medido em todas as produções. Os valores teóricos foram definidos e <i>standardizados</i> .	OK

Como principais causas para a indisponibilidade de equipamento, tem-se a falta de procedimentos de harmonização de operação, aqui designados como *standard* de operação, falta de manutenção preventiva e falta de encomendas. No entanto, a falta de encomendas não será tida em conta neste projeto de estágio, uma vez que a sua resolução depende dos clientes.

### 3.2.3. Performance

Após análise do indicador *Disponibilidade* do equipamento, apresenta-se na Figura 3-6, a análise do indicador de *Performance* do equipamento, ou seja, a percentagem de cumprimento da velocidade do equipamento em função de um objetivo pré estabelecido. Note-se que a velocidade média do papel é um indicador relevante, pois determina a quantidade produzida e permite obter um elevado OEE.

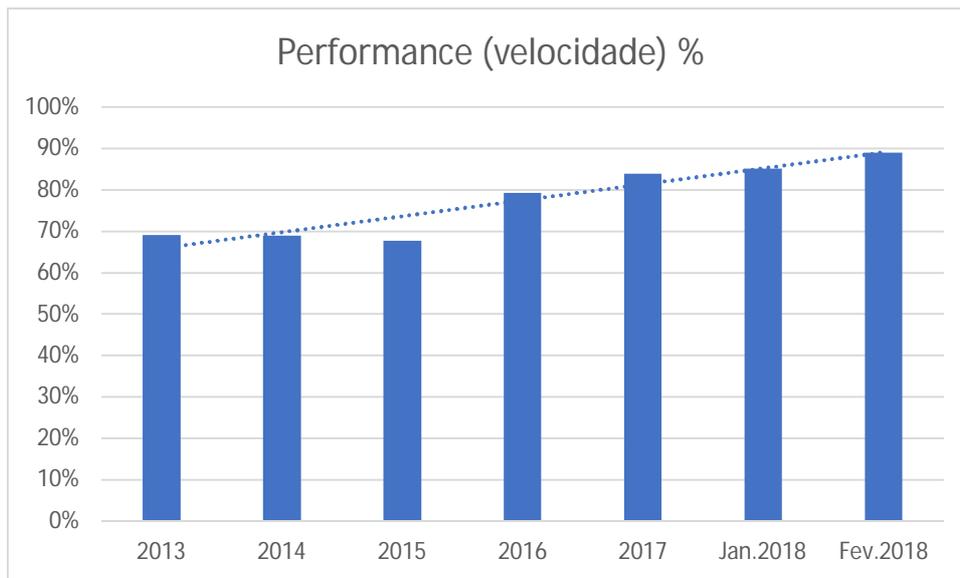


Figura 3-6: Evolução da *Performance* ao longo dos últimos 4 anos.

Apesar de se verificar um aumento progressivo da performance/velocidade ao longo dos últimos anos, ainda não se atingiu o valor ótimo, que ao dia de hoje (ano 2018) é de 26 m/min. De acordo com o realizado nas secções anteriores, fez-se análise de regressão linear aos dados relativos aos últimos 5 anos, obtendo-se um declive da reta de 0,0401 que corresponde a um valor potencial de *Performance* para 2018 de 85,76%. De seguida, na Figura 3-7 são sistematizadas as causas de estrangulamento de velocidade por parte da linha de impregnação, recorrendo novamente a um diagrama de *Ishikawa*. Na

Tabela 3-6 serão listadas as causas identificadas para tal facto e apenas se irão analisar aquelas realmente pertinentes e que terão influência no indicador de *Performance* do equipamento.



Figura 3-7: Diagrama de Ishikawa relativo ao problema da *Performance*.

Tabela 3-6: Causas identificadas para o problema de *Performance*.

Causa	Conclusão	Status
Teor de voláteis	Controlo efetuado e registado no novo sistema informático instalado desde M08.2017, até ao momento sem desvios identificados ou registados.	OK
Teor de resina	Controlo efetuado e registado no novo sistema informático instalado desde M08.2017, até ao momento sem desvios identificados ou registados.	OK
Medição de tonalidade	Controlo efetuado e registado no novo sistema informático instalado desde M08.2017, até ao momento sem desvios identificados ou registados.	OK
<b>Falta de standards para o controlo da velocidade e temperatura</b>	<b>Os standard existentes não estão documentados nem otimizados.</b>	<b>NOK</b>
Falta de sistema de confirmação de processo	O <i>software</i> instalado em M08.2017, permite confirmar os parâmetros utilizados, bem como os desvios aos parâmetros.	OK
<b>Diferentes formas de manipulação do equipamento</b>	<b>Os colaboradores podem manipular zonas críticas do equipamento de forma diferente entre eles. Falta de <i>standards</i>.</b>	<b>NOK</b>
Falta de recursos humanos em quantidade	Após dificuldades de absentismo na área de impregnação em 2017, desde M03.2018 que a equipa está completa e com operadores <i>backup</i> identificados.	OK
Falta de formação dos colaboradores	Em M10.2017 foram realizadas 2 sessões de 8h com os colaboradores da área para uniformização de conceitos, de métodos e trabalho.	OK

<b>Equipamento danificado ou com manutenção deficiente</b>	<b>O equipamento não se encontra na situação inicial de uso e as manutenções não são realizadas de forma sistemática e normalizada.</b>	<b>NOK</b>
Formação de grumos de resina provocados na estufa 4 ou 5	Em M01.2018 foi efetuada uma reparação às duas estufas em questão tendo sido eliminada a causa raiz do problema, ou seja, os parafusos utilizados no aperto da estufa não eram os indicados pelo fabricante.	OK
Correntes largas ou danificadas	As correntes largas e/ou danificadas foram reparadas em M01.2018 Até ao momento nenhum desvio foi verificado.	OK
Temperatura dos rolos arrefecedores superior ao set point	Durante a paragem anual de M08.2017 foram reparados os sistemas de arrefecimento dos rolos arrefecedores. Para além desta reparação, um sistema de medição e alerta de desvio foi instalado no equipamento, sem desvios verificados nos últimos três meses.	OK
Temperatura do fluxo de ar inferior ao necessário (falha fluido térmico)	Controlo da temperatura do fluido térmico efetuado de forma autónoma. Sem qualquer anomalia verificada ou com alerta nos últimos 12 meses.	OK
Humidade ambiente alta	O fenómeno de transferência de calor entre fluido térmico e papel ainda pode ser aumentado sem alterar as características finais do papel impregnado. Ainda se pode aumentar a temperatura da cura do papel e assim retirar o excesso de humidade do papel.	OK
Catalisador fora de validade ou trocado	Controlo da data de validade efetuada pelo departamento da qualidade e armazém de químicos alargado em M02.2018, permitindo cumprimento de protocolo.	OK
Resinas (características químicas)	Todas as descargas de resina são analisadas pelo departamento da qualidade. Sem desvios registados nos últimos seis meses.	OK
O papel seco (Características físicas)	Por amostragem o papel é controlado pelo departamento de qualidade. Em caso de dificuldades na área produtiva, é solicitada análise extraordinária ao departamento de qualidade. Desde M09.2017 sem qualquer ocorrência.	OK

Como principais razões para a menor *Performance* lista-se a falta de procedimentos standard de atuação e falhas a nível de manutenção. Após analisar os dados anteriores podem-se listar os pontos que devem potencialmente ser analisados e melhorados em cada um dos parâmetros que afetam o OEE dos equipamentos de impregnação.

Na sistematização levada a cabo é possível verificar que trabalhando com o objetivo de diminuir o *downtime* do equipamento, particularmente ao nível das funções associadas à manutenção do equipamento e ao processo produtivo, a *Disponibilidade* do equipamento irá aumentar incrementando, assim, o indicador OEE. Ao nível da *Performance* os vetores de atuação serão exatamente os mesmos sendo que o objetivo é aumentar a velocidade do papel na linha de impregnação.



## 4. TRABALHO DESENVOLVIDO

Neste capítulo serão apresentadas as principais ações implementadas com o objetivo de melhorar os indicadores mais importantes, analisados no Capítulo 3 do presente trabalho. As duas grandes áreas visadas serão a implementação da metodologia TPM e a normalização de parâmetros de processo, ferramentas já teoricamente analisadas no Capítulo 2. É de notar que a implementação de procedimentos TPM vai de encontro ao conjunto de causas detetadas (para várias categorias de problemas) nas Tabela 3-5 e Tabela 3-6. Especificamente, adequa-se à resolução de problemas ao nível da manutenção da linha. No que diz respeito a um conjunto de causas identificadas que decorrem da ausência de procedimentação que homogeneíze a operação, foram desenvolvidas rotinas que posteriormente foram formalizadas, objeto de formação e otimizadas. De referir ainda que as tarefas listadas ao longo do presente capítulo foram implementadas na sua totalidade durante os meses de Fevereiro, Março e Abril de 2018. Na Tabela 4-1 apresenta-se a relação entre as causas e as ações implementadas.

Tabela 4-1: Relação entre causas e ações implementadas.

<b>Causa identificada</b>	<b>Ferramenta utilizada</b>	<b>Ação</b>
Partes móveis sem manutenção preventiva (correntes, rolamentos,...)	Implementação do TPM	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identificação de comandos da máquina</li> <li>2. Otimização da limpeza do tanque do 2º banho</li> <li>3. Alteração do sistema de colecta de resinas do 1º banho</li> <li>4. Troca dos chumaceiras dos rolos do 1º banho</li> <li>5. Implementação do quadro de gestão de tarefas da manutenção autónoma</li> <li>6. Implementação de rotinas de verificação dos equipamentos (manutenção preventiva)</li> </ol>
Equipamento danificado ou com manutenção deficiente		

		<ul style="list-style-type: none"> <li>7. Formação de colaboradores e equipas de trabalho</li> <li>8. Implementação de cartas de controlo para temperatura e humidade</li> <li>9. Reparação de bombas de resinas</li> <li>10. Criação de local para armazenamento de resina excedente</li> </ul>
Falta de standards	Normalização de processos	<ul style="list-style-type: none"> <li>A. Implementação de um programa 5S</li> <li>B. Definição de valores de temperatura e velocidade standard para os principais produtos</li> <li>C. Implementação do sistema de controlo de standards</li> <li>D. Implementação e formação nos standards de operação de equipamento</li> </ul>
Falta de standards para o controlo da velocidade e temperatura		
Diferentes formas de manipulação do equipamento		

Nas próximas secções serão analisadas e detalhadas as ações listadas na Tabela 4-1.

## 4.1. Implementação do TPM

Com objetivo de garantir uma correta e sustentada implementação do TPM, efetuou-se um trabalho a nível de todas as etapas que caracterizam o método (de acordo com a secção 2.1.5 do capítulo 2). Pretende-se ainda apresentar as bases que levaram à escolha da efetuação das alterações listadas na Tabela 4-1 como forma de debelar as causas que potencialmente contribuem para os valores de KPIs passíveis de melhoria

### 4.1.1. Ações 1, 2, 3 e 4

Estas alterações foram efetuadas nos procedimentos de condução do equipamento, nomeadamente para repor as situações iniciais de funcionamento e de segurança do

mesmo. Nas Figuras 4-1; 4-2; 4-3 e 4-4 pode-se visualizar algumas das melhorias realizadas no equipamento, visando o aumento da disponibilidade do mesmo. Estas melhorias surgiram através de observação no terreno de dificuldades de operação, bem como da necessidade de eliminação de pontos de gargalo do processo.

Na Figura 4-1 é patente a falta de informação da função de cada botão, levando os operadores a trabalhar em regime de tentativa erro. A Figura 4-2 ilustra que na utilização de um tanque novo, ergonomicamente adequado ao trabalho, se poderia reduzir o tempo de limpeza. Na Figura 4-3 ilustra-se que com a alteração da tipologia de limpeza no 1º banho (trocando a utilização de plástico por um processo sustentável e repetível) pode permitir reduzir o tempo de limpeza. Na Figura 4-4 constatou-se que existiam partes moveis do equipamento com folgas, sendo as mesmas substituídas por chumaceiras novas propostas pelo fabricante do equipamento (foto identificada a verde).



Figura 4-1: Identificação dos botões de controlo do equipamento.



Figura 4-2: Alteração do tanque de *coating* para diminuir o respetivo tempo de limpeza.



Figura 4-3: Alteração da zona de limpeza dos banhos de resina (de plástico para uma rampa).



Figura 4-4: Substituição de peças maquinadas por peças originais e da marca do equipamento.

#### 4.1.2. Ação 5

No seguimento da análise efetuada verificou-se a inexistência de manutenção básica nos equipamentos. Assim sendo, a manutenção autónoma revelou ser uma grande aliada no sentido de garantir o funcionamento/limpeza do equipamento para que a produção ocorra sem incidentes. Existiu aqui uma quebra de paradigma, ou seja a implementação de tarefas até agora conotadas como responsabilidade do departamento da manutenção e que doravante seriam da responsabilidade do departamento da produção. Implementou-se este tipo de manutenção com auxílio dos quadros de comunicação para garantir a correta partilha e formação de toda a documentação necessária.

Nestes quadros, denominados por plano de tarefas da equipa, foi inserido uma tabela de dupla entrada em que na horizontal constam os dias da semana e na vertical os três turnos de laboração. Assim sendo, e conjugando os eixos vertical e horizontal, distribuíram-se as tarefas a realizar nos diferentes dias da semana pelos vários turnos. Foi necessário garantir que o tempo que cada tarefa de manutenção autónoma tem associada, é passível de ser inserido nas tarefas atualmente desenvolvidas pelos colaboradores, ou seja garantir que se produz com a qualidade exigida, garantindo o prazo de entrega e com o menor custo de produção possível. Também foi sugerido pela equipa de supervisão a aplicação deste método de forma gradual de modo a não sobrecarregar demasiado os operadores e de modo a que eles se adaptem ao novo método de trabalho. Assim sendo, compilou-se na Figura 4-5 as tarefas propostas.

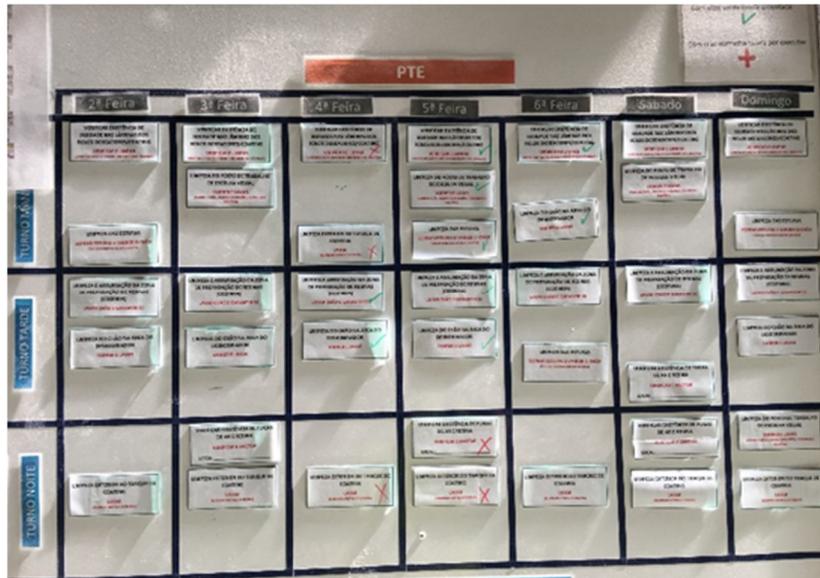


Figura 4-5: Quadro de tarefas da equipa.

Como principais tarefas implementaram-se ações conducentes a “limpeza e arrumação da zona de preparação de resinas”, a “limpeza do desbobinador”, a “limpeza do tanque do *coating*”, a “limpeza do posto de trabalho da escolha visual” e a “verificar a existência de fugas de ar e resina” (numa base diária), a “limpeza e existência de sujidade nas lâminas dos rolos doseadores” (de três em três dias) e a “limpeza das estufas” (a cada duas semanas).

A realização das tarefas de manutenção autónoma passou a ser validada no final de cada turno de trabalho pelo supervisor de produção. Após a sua verificação será assinalada no quadro de comunicação o estado de cada tarefa, ficando em estado a verde, caso a mesma esteja já realizada, e a vermelho se não estiver completa ou tiver sido realizada de forma deficiente.

#### 4.1.3. Ação 6

Para a implementação do sistema de manutenção preventiva, foi necessário definir as tarefas específicas de execução, bem como as datas para as respetivas intervenções. Estas tarefas foram definidas com base em dados ainda existentes do fabricante conjugados com informação recolhida junto dos operadores e dos responsáveis pela produção e manutenção. Assim, de modo a articular com o calendário de paragem de manutenção dos restantes equipamentos, chegou-se a um acordo com todos os departamentos

envolvidos que o dia de paragem seria na última quinta-feira de cada mês. Esta data poderá sofrer ajustes em função dos acordos que venham a ser estabelecidos com os diversos departamentos. No que respeita ao plano de trabalhos a realizar pelas diversas equipas, foram criadas listas das intervenções a realizar no equipamento, repartidas pelos diversos departamentos, que neste caso particular englobam a produção, a manutenção mecânica, a manutenção elétrica e uma equipa externa, que garante a limpeza das infraestruturas adjacentes aos equipamentos. Excecionalmente, e em articulação com os restantes departamentos, podem ser chamadas equipas externas à Sonae Arauco para realizar algumas tarefas específicas, sendo essas denominadas de intervenções excecionais.

Na Figura 4-6 é possível observar o tipo de modelo adotado, bem como as rotinas criadas para cada departamento (neste caso, o exemplo é para a Manutenção Elétrica) para o sequenciamento de tarefas. O objetivo destas tarefas é garantir o correto funcionamento das partes móveis do equipamento, trabalhando de forma preventiva para evitar a avaria, como por exemplo, afinação de correias, limpeza e substituição de detetores entre outras tarefas. No que diz que respeito à tarefa de articulação entre equipas, acordou-se que dois dias antes da intervenção uma reunião de planeamento é realizada com o objetivo de validar os meios necessários, bem como coordenar cada uma das tarefas a realizar por cada equipa de trabalho.

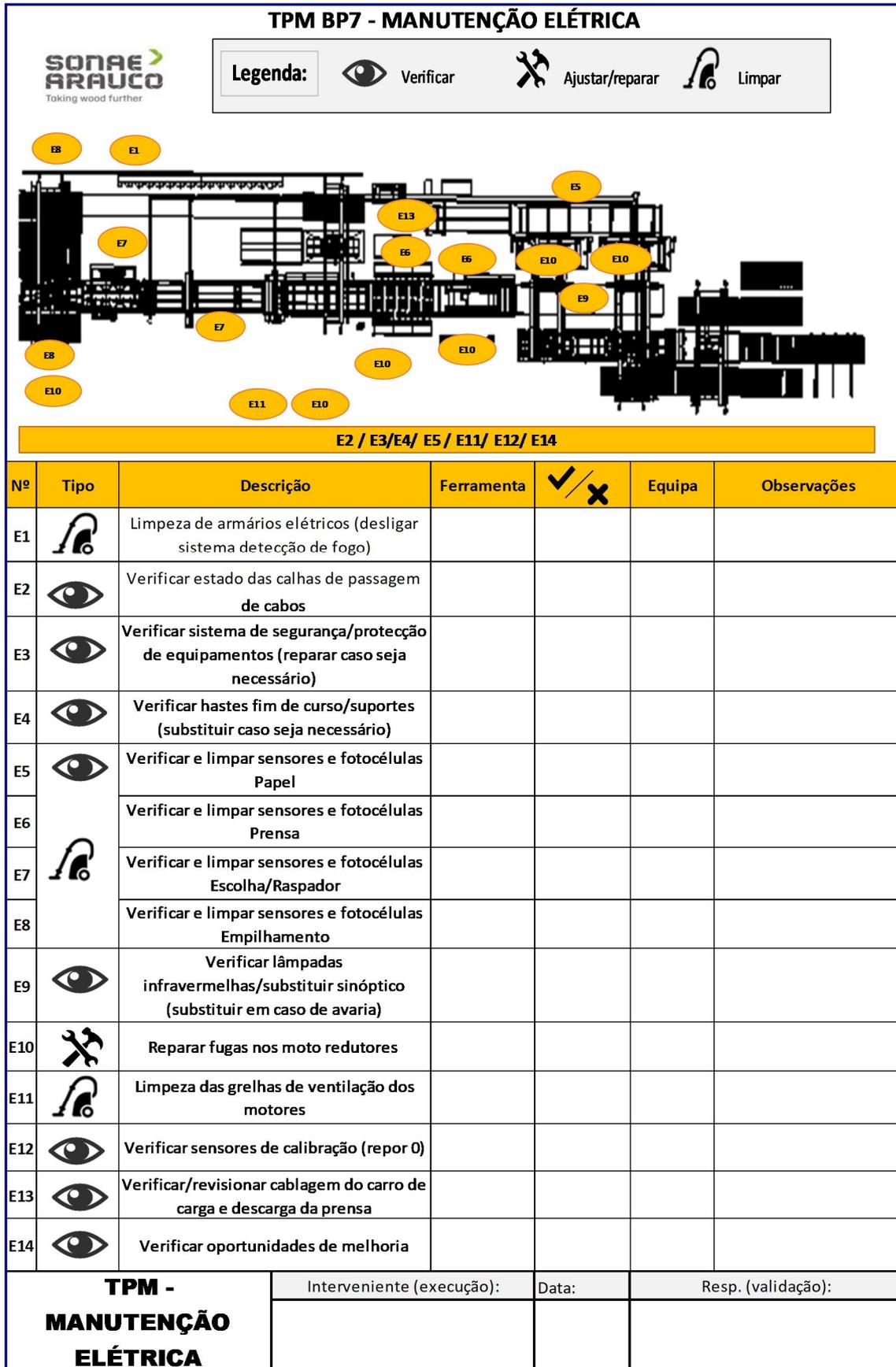


Figura 4-6: Lista de tarefas a realizar pela equipa de manutenção elétrica no TPM.

#### 4.1.4. Ação 7

Com o objetivo de capacitar as equipas e preparar a implementação sustentada de um programa de TPM foram efetuadas várias sessões de formação, garantindo, assim, a correta disseminação de informação. Estas sessões permitiram formar 100% dos intervenientes no processo. As sessões de formação tiveram duração de cerca de 90 minutos e decorreram com base no quadro que se apresenta na Figura 4-7.



Figura 4-7: Quadro de apoio à implementação do TPM.

Em suma, foram apresentados os benefícios do TPM, quais as tarefas a realizar, quem as realizava em termos funcionais, qual a duração das mesmas e quais os indicadores associados ao projeto. Apresentou-se, ainda, de forma simplificada o cronograma de todo o projeto. Posteriormente (cerca de 3 meses depois) e com o objetivo de reforçar os benefícios e quais as tarefas chave do TPM, foi distribuído por todos os colaboradores o folheto informativo que se apresenta no Anexo A.

#### 4.1.5. Ação 8

Nesta ação, diretamente ligada ao pilar de manutenção para a qualidade, foram implementadas folhas de registo temporal de variáveis de controlo. Especificamente foi iniciado o controlo estatístico das variáveis.

- Humidade no armazém de papel impregnado;
- Temperatura no armazém de papel impregnado;
- Caudal de água nos rolos arrefecedores.

Note-se que as duas primeiras são variáveis “ambientais” podendo-se considerar como “de carga” ao nível do processo (sobre as quais a capacidade de atuação é reduzida ou inexistente). No entanto, a sua monitorização permite adequar atuações noutras variáveis. De facto, estas variáveis foram identificadas como primordiais para garantir a qualidade do papel impregnado, uma vez que a temperatura e humidade do armazém de papel impregnado afeta diretamente o seu prazo de validade, e o caudal de água nos rolos arrefecedores garante que a reação química seja reduzida até que ocorra prensagem do mesmo nas linhas de melamina.

Os valores ótimos, bem como os limites, já faziam parte do senso comum dos colaboradores da fábrica (valores confidenciais), no entanto procedeu-se à sua normalização, para que as tendências dos processos fossem conhecidas e se pudesse atuar em conformidade em caso de necessidade.

No Anexo B apresenta-se um exemplo das cartas de controlo implementadas.

#### **4.1.6. Ações 9 e 10**

As questões relacionadas com Segurança e Ambiente são tratadas no grupo da Sonae Arauco como prioritárias, sendo por isso um pilar de grande investimento pedagógico bem como monetário. Assim sendo, no desenvolvimento deste estágio várias ações foram implementadas para realmente eliminar alguns potenciais modo de falha a nível de segurança (quer para o operador quer para o equipamento).

Assim sendo, foram identificados pelo menos dois pontos de atuação. Na Figura 4-8 são apresentadas os locais de intervenção. No primeiro ponto trabalhou-se em parceria com um fornecedor externo para efetuar uma reparação imediata das bombas e implementou-se um sistema de manutenção preventiva. De referir, ainda, que foram codificadas com código de armazém as peças originais de reparação de bombas fazendo neste momento parte do *stock* de consumíveis da fábrica. Em relação ao segundo ponto, foi instalado um sistema de bombagem específico e atualmente os desperdícios de resina são coletados em contentores e posteriormente enviado pra aterro.



Figura 4-8: À Direita: Desperdício de resina por consequência de fuga no sistema de bombagem À Esquerda: Local de armazenamento do excedente de resina.

## 4.2. Normalização de processos

### 4.2.1. Ação A

No seguimento do programa já implementado nesta linha ao longo do ano de 2016 decidiu-se alargar o programa a áreas anteriormente não visadas. Uma dessas áreas é a zona de preparação de resinas. Assim sendo, e com base no método 5S introduzido na secção 2.3.3 do Capítulo 2, começou por realizar-se uma auditoria inicial ao processo. Da auditoria inicial obteve-se um grau de organização de 60%, tal como é possível verificar no Anexo C, sendo que a nível organizacional está definido um valor mínimo interno de 80%.

Após auditoria inicial procedeu-se à implementação do protocolo 5S seguindo uma metodologia faseada “S a S”. O processo iniciou-se com a formação das equipas, seguindo-se uma paragem da área em questão para realização da triagem, limpeza e organização. Neste grupo de trabalhos foram envolvidos colaboradores e equipas de gestão, garantindo, assim, o envolvimento de toda a equipa. Após a realização do *workshop*, efetuou-se um seguimento mensal, sendo que em cada mês a missão da equipa seria melhorar cada “S” específico. Por fim, realizou-se uma auditoria final com o objetivo de monitorizar o resultado após alguns meses de estabilização. Para garantir e estender as boas práticas, bem como registar os principais benefícios e lições aprendidas,

foi publicado um slide A3 que sustentava as principais ações, e que se apresenta na Figura 4-9.

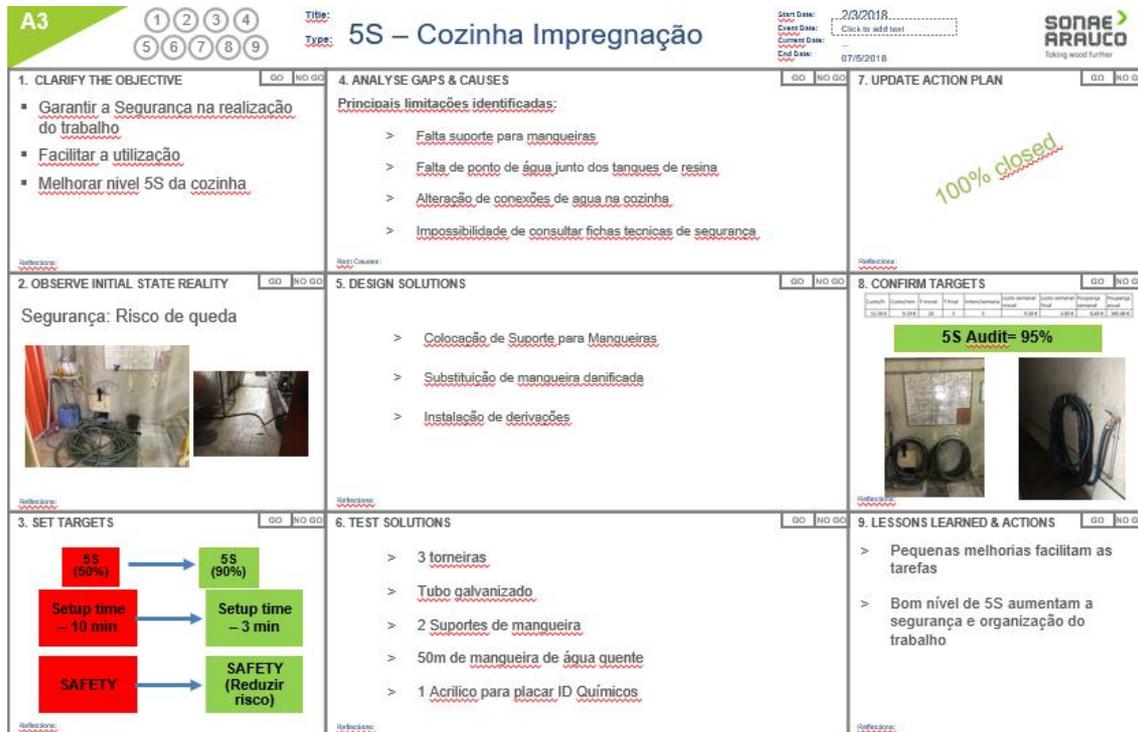


Figura 4-9: Gestão do projeto via formato A3.

#### 4.2.2. Ações B e C

A nível de standardização de processos (em sintonia com o introduzido na secção 2.3.1) efetuou-se uma análise inicial dos parâmetros de processo mais significativos, nomeadamente, da velocidade, temperaturas e velocidades de admissão de ar, que têm impacto no Teor de Voláteis e de Sólidos no papel.

Após análise código a código (onde cada código é referente a um produto), estes agruparam-se em famílias tipo e efetuou-se uma análise estatística básica dos mesmos (onde se calcularam os indicadores básicos introduzidos na secção 2.4). Os dados utilizados foram os recolhidos entre os meses de Agosto de 2017 e Janeiro de 2018 (amostra de 2872 observações). Tendo em conta que no Capítulo 3 a sistematização de conteúdo de causas concluiu que a análise deverá ser efetuada sobre a formulação *standard*, nomeadamente nos papéis Brancos e Madeiras, de seguida apresentam-se as principais conclusões, que posteriormente permitiram definir as atuações para fazer face às causas identificadas.

#### 4.2.2.1. *Set-points* para produtos *Standard Brancos*

Para verificar o comportamento da formulação *standard* nos papéis Brancos, foi utilizada uma amostra de 350 valores. A análise estatística em questão é apresentada na Tabela 4-2. De acordo com o capítulo 1, na secção 1.1.3 e Figura 1-5, observa-se que entre cada um dos banhos de impregnação existe um forno de secagem. Os valores da amostra correspondem a medidas adquiridas no primeiro forno (Temperaturas e Ventilações 1 e 2) e medidas observadas no segundo forno (Temperaturas e Ventilações 3, 4, 5 e 6). Assim sendo, a nossa amostra é constituída por valores medidos em várias localizações da linha.

Tabela 4-2: Análise estatística da amostra de formulação *standard* e papéis brancos.

Unidades	m/min	rpm						°C					
Parametro	Velocidade	Ventilação 1	Ventilação 2	Ventilação 3	Ventilação 4	Ventilação 5	Ventilação 6	Temperatura 1	Temperatura 2	Temperatura 3	Temperatura 4	Temperatura 5	Temperatura 6
min	15,8	500	500	500	501	500	501	111	93	120	109	94	94
1°Q	24	801	800	850	838	751	700	136	116	132	122	109	107
3°Q	28	901	850	895	841	801	701	143	131	138	140	121	112
MAX	33,1	1 223	960	973	861	851	751	158	149	153	147	128	116
Média	25,9	888	826	866	833	787	701	140	123	136	132	115	109
Mediana	26,1	851	831	860	841	800	700	139	123	136	135	118	110
Desvio padrão	3,3	106	46	44	33	34	21	8	11	6	10	7	4
Coeficiente Variação	12,6%	12%	6%	5%	4%	4%	3%	6%	9%	5%	8%	6%	4%

Como principais conclusões verificámos que 75% dos registos de velocidade encontram-se até 28 m/min, que a média é de 25,9 m/min com um desvio padrão de 3,3 m/min, e que a amostra é homogénea uma vez que o Coeficiente de Variação é inferior a 20%. A nível de caudal de ar admitido e temperatura verifica-se um comportamento idêntico nas duas curvas (como se observa na Figura 4-10), ou seja, na zona um a temperatura e ventilação é superior à da zona dois, seguindo-se o segundo banho de resina. Após este segundo banho, voltamos a ter um comportamento decrescente a nível de ventilação e da temperatura, à medida que se avança na zona de secagem. Verifica-se, ainda, que à medida que se aumenta a velocidade do papel a temperatura e a ventilação também aumentam, o que é um indicador das ações de controlo a serem levadas a cabo.

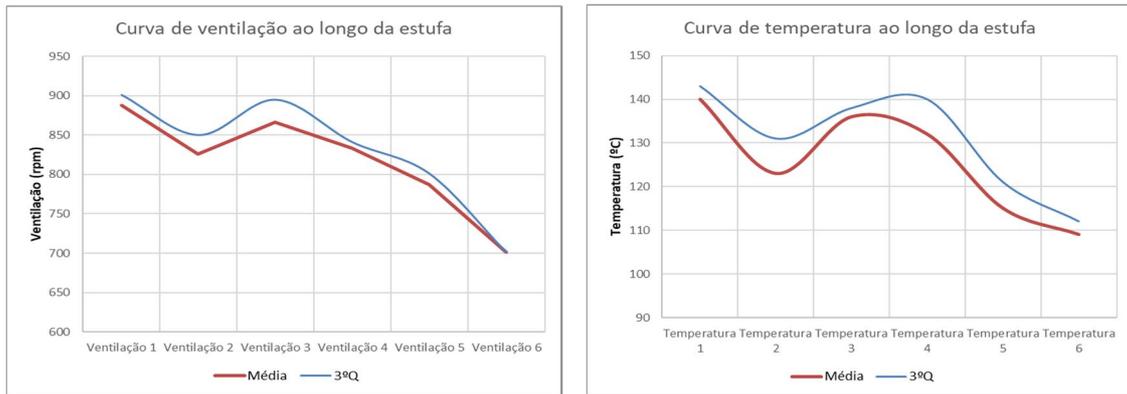


Figura 4-10: À esquerda: Curva de ventilação ao longo da linha para papéis *Standard* brancos. À direita: Curva de temperatura ao longo da linha *Standard* brancos.

NOTA: Zona 1 e 2 no primeiro forno e Zona 3, 4, 5 e 6 no segundo forno.

Assim sendo, e com o objetivo de aumentar a velocidade do equipamento mas garantindo a qualidade do produto final, foi re-definido novo *target* para a velocidade, a temperatura e as ventilações do equipamento (caudal de ar). A velocidade foi fixada com base no valor apresentado no 3º quartil, garantindo, assim, que o novo *setpoint* de produção não tem valores *outsiders*, e que 75% dos registos observados na amostra estariam em conformidade com a operação.

Tabela 4-3: Parâmetros a introduzir no sistema de gestão da produção.

Velocidade	Ventilação 1	Ventilação 2	Ventilação 3	Ventilação 4	Ventilação 5	Ventilação 6	Temperatura 1	Temperatura 2	Temperatura 3	Temperatura 4	Temperatura 5	Temperatura 6
28	901,00	850	895	841	801	701	143	131	138	140	121	112

Na Tabela 4-3 apresentam-se os indicadores que foram inseridos no sistema de controlo de parâmetros do processo, o *Shopfloor Drive*. Este programa efetua uma leitura em linha dos parâmetros e compara com os valores *standard*, utilizando posteriormente um sistema de cores, o sistema *Andon*, para indicar os desvios verificados (de acordo com a secção 2.3.2). Este *software* opera com tolerâncias definidas pela equipa de projeto de aproximadamente 6% (valor médio dos coeficientes de variação obtidos ao longo das 6 zonas de medição), ou seja:

- Velocidade:  $\pm 2$  m/min;
- Temperatura:  $\pm 5$  °C (por exemplo na zona 1 a temperatura é de  $143 \pm 5$  °C);
- Ventilação:  $\pm 30$  rpm.

Na Figura 4-11 apresenta-se o ecrã do sistema ANDON em questão.



Figura 4-11: Sistema ANDON para controlo dos parâmetros de processo.

#### 4.2.2.2. Set-points para produtos Standard Madeiras

Para verificar o comportamento da formulação *standard* nos papéis Madeiras, foi utilizada uma amostra de 730 observações e aplicada a mesma estratégia seguida em 4.2.2.1.

Tabela 4-4: Análise estatística da amostra de formulação *standard* e papéis madeira.

Unidades	m/min	rpm						°C					
		Velocidade	Ventilação 1	Ventilação 2	Ventilação 3	Ventilação 4	Ventilação 5	Ventilação 6	Temperatura 1	Temperatura 2	Temperatura 3	Temperatura 4	Temperatura 5
min	15,2	699	600	760	764	650	699	99	76	115	104	90	79
1°Q	19,0	800	700	836	830	750	700	118	93	120	120	105	97
3°Q	22,0	849	801	860	841	800	700	127	116	128	127	115	107
MAX	30,8	1017	911	972	881	861	750	155	144	147	148	125	116
Média	21,0	816	774	849	832	775	700	123	105	125	124	109	102
Mediana	20,5	801	800	850	840	751	700	122	103	124	123	110	100
Desvio padrão	2,7	47	60	27	22	32	3	7	14	6	8	8	6
Coefficiente Variação	13,0%	6%	8%	3%	3%	4%	0,5%	6%	14%	5%	6%	7%	6%

Como principais conclusões da Tabela 4-4 verificamos que 75% dos dados de velocidade se encontram até 22 m/min, que a média é de 21 m/min com um desvio padrão

de 2,7 m/min, e que a amostra é homogénea uma vez que o Coeficiente de Variação é inferior a 20%. A nível de velocidades de admissão de ar e temperatura verifica-se um comportamento idêntico, ou seja, na zona um a temperatura e a ventilação é superior à da zona dois seguindo-se o segundo banho de resina. Após este segundo banho, voltamos a ter um comportamento decrescente a nível de ventilação e da temperatura, à medida que se avança na zona de secagem. De forma idêntica ao apresentado nos papéis *standard* brancos, apresenta-se na Figura 4-12 as curvas das ventilações e das temperaturas ao longo do linha.

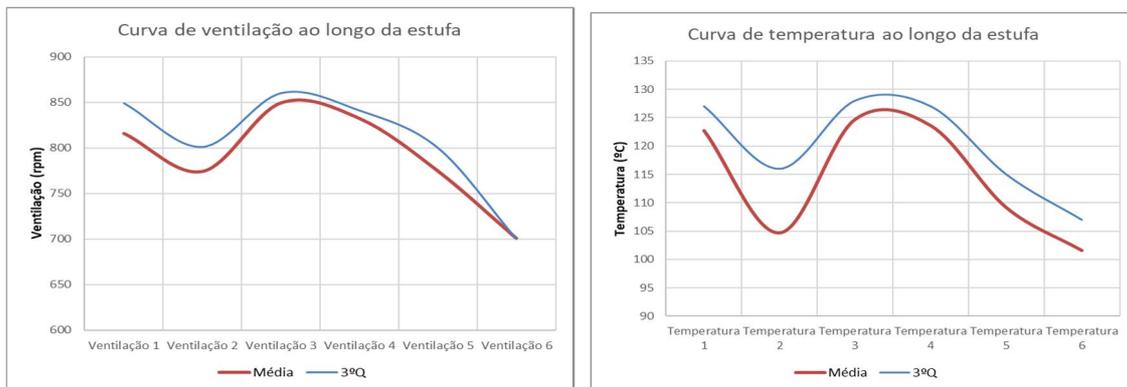


Figura 4-12: À esquerda: Curva de ventilação ao longo da linha para papéis Standard madeiras. À direita: Curva de temperatura ao longo da linha Standard madeiras.

NOTA: Zona 1 e 2 no primeiro forno e Zona 3, 4, 5 e 6 no segundo forno.

Assim sendo, e com o objetivo de aumentar a velocidade do equipamento mas garantindo a qualidade do produto final, foram redefinidos os *targets* para a velocidade, temperatura e ventilações do equipamento. O novo *set-point* para a velocidade foi fixado com base no valor do 3º quartil, segundo anteriormente reportado. Os indicadores apresentados na Tabela 4-5, foram de igual forma inseridos no sistema de controlo e utilizando as mesmas tolerâncias definidas anteriormente.

Tabela 4-5: Parâmetros a introduzir no sistema de gestão da produção.

Velocidade	Ventilação 1	Ventilação 2	Ventilação 3	Ventilação 4	Ventilação 5	Ventilação 6	Temperatura 1	Temperatura 2	Temperatura 3	Temperatura 4	Temperatura 5	Temperatura 6
24,6	949,18	896	961	940	894	783	142	130	143	142	129	120

### 4.2.3. Ação D

De acordo com o referido anteriormente, vários procedimentos foram efetuados com objetivo de uniformizar a forma de operar o equipamento entre as equipas (de acordo com secção 2.3.1). A Figura 4-6, por exemplo, é um exemplo de um procedimento criado. A nível operacional um dos procedimentos mais influentes foi a limpeza dos filtros de resinas que permitiu que num processo que era realizado por diferentes equipas e tinha duração de 15 a 25 minutos, fosse normalizado e realizado por todas as equipas num tempo médio de 16 minutos. Na Figura 4-13 apresenta-se o procedimento criado.



Figura 4-13: Procedimento de limpeza de filtros

### 4.3. “Lições aprendidas”

Durante a implementação das ações listadas anteriormente, várias dificuldades foram encontradas e ultrapassadas, nomeadamente a resistência à mudança por parte das equipas envolvidas, bem como a desmotivação das mesmas. As principais tarefas levadas a cabo para ultrapassar o mencionado anteriormente foram: o seguimento das ações numa base semanal; a confirmação diária de processo; várias sessões de *coaching* com as equipas operacionais e de apoio à produção (como por exemplo as equipas de manutenção); a análise de resultados para verificação da eficácia das ações; bem como a formação e sessões de Benchmarking em empresas do grupo Sonae Arauco. Assim sendo, este

estágio permitiu ao autor e às equipas envolvidas (principalmente produção e manutenção), melhorar as suas competências organizacionais e aumentar o conhecimento de equipamentos e processos, realizando atualmente o seu trabalho de forma mais transversal, clara e otimizada.



## 5. CONCLUSÃO

Após implementação das várias ações previstas, e de acordo com os métodos selecionados, foi previsto um tempo de sustentabilidade de projeto. Como mencionado anteriormente todas as ações foram implementadas até final do mês de Abril de 2018. De seguida é apresentada a evolução dos principais indicadores da área em questão bem como os resultados em Outubro de 2018 (passados 6 meses), comparando os mesmos com os objetivos propostos na Tabela 3-4. De referir ainda, que nas figuras seguintes, as barras verdes representam os resultados mensais após implementação das ações propostas no presente relatório de estágio e que se pretende evidenciar a evolução da performance face ao período base.

O OEE, como se observa na Figura 5-1, apresenta uma evolução positiva ao longo dos últimos 6 meses. Após o impacto inicial, representado pelo resultado de 89,3% no mês de Maio 2018, seguiu-se uma fase de estabilização onde ocorreu a uniformização entre todas as equipas, atingindo-se os 86,2% no final do mês de Outubro de 2018.

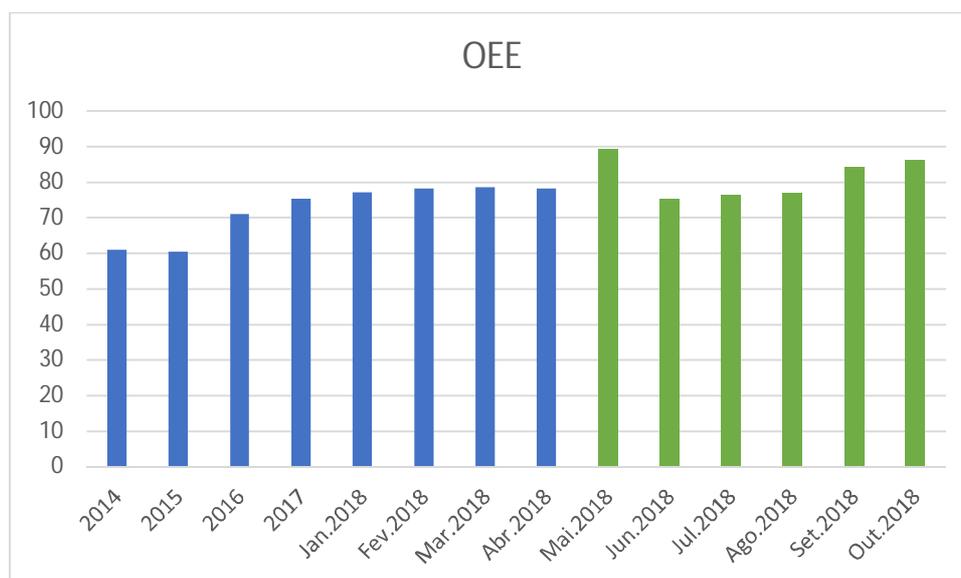


Figura 5-1: Evolução do OEE ao longo do projeto.

Se se efetuar uma análise ao indicador *Disponibilidade* do equipamento (Figura 5-2), verifica-se um aumento sustentado ao longo dos 6 meses, terminando em Outubro de 2018 nos 93% (melhor valor de sempre). Note-se que o arranque do TPM em Maio de 2018 teve um impacto negativo, uma vez que as equipas ainda não estavam familiarizadas com o método e ocorreram várias situações de manutenção curativa (resposta a falhas não previstas ou planeadas).

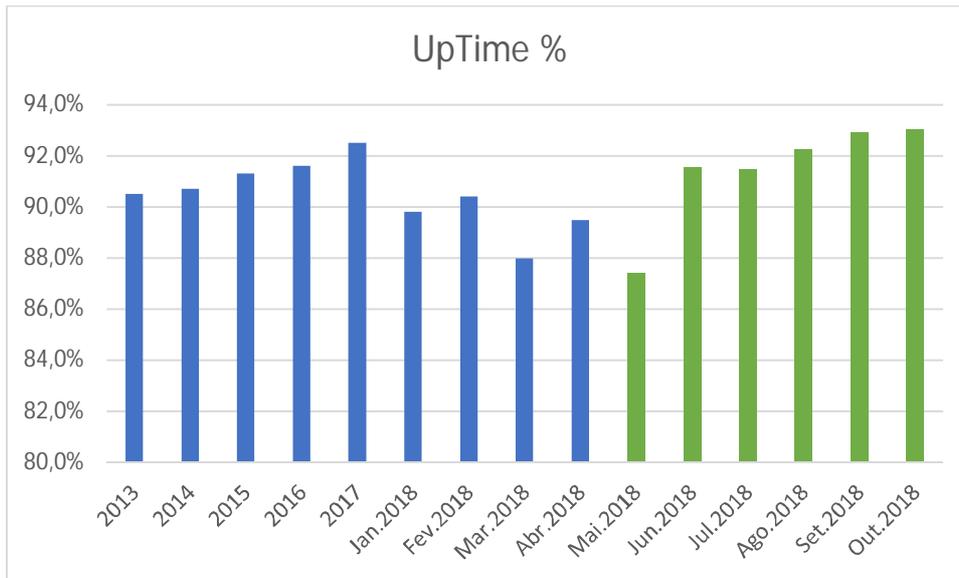


Figura 5-2: Evolução da *Disponibilidade* do equipamento ao longo do projeto.

Por outro lado se efetuar uma análise ao indicador *Performance* do equipamento (Figura 5-3), verifica-se um aumento sustentado ao longo dos 6 meses, terminando em Outubro de 2018 nos 95%. Após implementação dos novos *set-points* de velocidade e temperatura em Maio de 2018 verificou-se um efeito positivo (com performance de 102%, ou seja velocidade médias superior a 26 m/min), seguindo-se uma fase de estabilização e de recuperação ao longo dos últimos meses. Estes resultados foram alcançados através de várias confirmações de processo e auditorias, efetuadas ao longo de vários meses em todas as equipas produtivas.

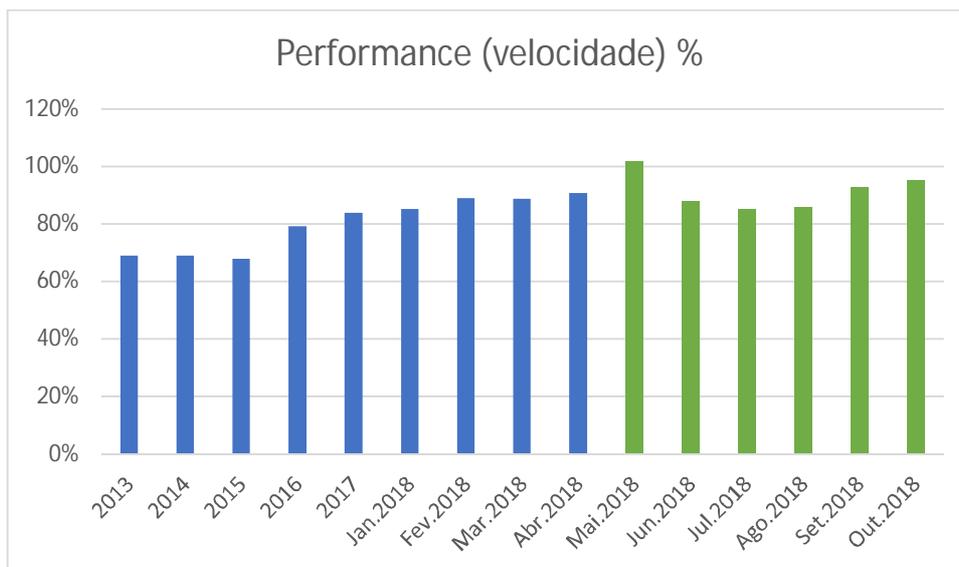


Figura 5-3: Evolução da *Performance* ao longo do projeto.

Em suma, e de acordo com a Tabela 5-1, as ações implementadas foram efetivas e permitiram atingir o objetivo a que o projeto de estágio se proponha, ou seja, um OEE final superior a 85,5%. No mês de Outubro esse valor foi de 86,2%. Note-se que no mês de Outubro o indicador de Qualidade baixou para 97,4%, devido a um problema de qualidade esporádico, relacionado com queda de água sobre o papel em produção.

Tabela 5-1: Tabela resumo do projeto.

	Qualidade (%)	Disponibilidade (%)	Performance (%)	OEE (%)
<b>2017</b>	97,9	92,5	83,4	75,2
<b>Obj 2018</b>	97,9	93,0	94,0	85,5
<b>Out 2018</b>	97,4	93,0	95,2	86,2

## 5.1. Trabalho Futuro

Apesar do propósito deste projeto de estágio ter sido atingido, ainda existem pontos de melhoria potenciais que podem ser trabalhados num futuro próximo. Algumas das ações efetuadas, nomeadamente implementação de 5S e de procedimentos de operação, devem continuar a serem realizadas. De igual modo deve-se proceder à sua implementação em locais/processos que ainda não foram visados, como por exemplo:

- Realizar ação de 5S na zona da guilhotina do equipamento;
- Redigir procedimentos para a preparação de emendas de bobines de papel.

Em relação à análise de *set-points* de produção, nomeadamente velocidade e temperatura, deve-se realizar análise estatística e normalização às restantes combinações de produtos não visados no projeto de estágio. Assim sendo, proponho avançar com análise estatística do subgrupo de papel L, quer na formulação *Standard* quer na formulação *SW*. Em relação ao TPM, verificou-se que o indicador *Disponibilidade* do equipamento está nos 93%. Significa então que existe ainda 7% de margem para trabalhar na melhoria, nomeadamente a nível de manutenção preditiva, ou seja:

- Implementar medições termográficas de motores e rolamentos;
- Implementar medição de vibrações de motores e rolamentos;

- Implementação das bases do paradigma indústria 4.0, ou seja, desenvolver modelos que permitam por exemplo calcular a probabilidade de ocorrer falhas não planeadas.

Não esquecer ainda que de acordo com secção 2.1.4 do capítulo 2, uma programa TPM demora entre 3 a 5 anos a atingir a sua maturidade, pelo que será expectável que ao longo dos próximos meses o indicador *Disponibilidade* venha a evoluir de forma positiva.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Sonae Arauco (2018); Site pesquisado no Google: <https://www.sonaearauco.com/pt/empresa/onde-estamos/?id=620>; Consultado em 20-04-2018.
- Sonae Industria (2018); Site pesquisado no Google: [http://www.sonaeindustria.com/file\\_bank/uploads/press/511/file\\_2/EA\\_9M17\\_PT.pdf](http://www.sonaeindustria.com/file_bank/uploads/press/511/file_2/EA_9M17_PT.pdf); Consultado em 20-04-2018.
- Voltarelli Madeira (2018); Imagens do google consultadas em 12-02-2018; [https://www.google.pt/search?biw=1600&bih=805&tbm=isch&sa=1&ei=AyCgWsmsJ4fWU\\_HXgZgH&q=exemplo+placa+mdf&oq=exemplo+placa+mdf&gs\\_l=psy-ab.3...8651.10158.0.10863.9.9.0.0.0.416.1072.0j2j0j1j1.4.0...0...1c.1.64.psy-ab..6.0.0....0.xK0w05gT1SA#imgrc=ru8d5PJ0GkdaOM:&spf=1520443408693](https://www.google.pt/search?biw=1600&bih=805&tbm=isch&sa=1&ei=AyCgWsmsJ4fWU_HXgZgH&q=exemplo+placa+mdf&oq=exemplo+placa+mdf&gs_l=psy-ab.3...8651.10158.0.10863.9.9.0.0.0.416.1072.0j2j0j1j1.4.0...0...1c.1.64.psy-ab..6.0.0....0.xK0w05gT1SA#imgrc=ru8d5PJ0GkdaOM:&spf=1520443408693).
- Voltarelli Madeira (2018); Imagens do google consultadas em 12-02-2018; [https://www.google.pt/search?biw=1600&bih=805&tbm=isch&sa=1&ei=PiCgWqjALsXWUYu7itAF&q=example+of+particle+board&oq=example+of+particle+board&gs\\_l=psy-ab.3...36307.43648.0.44451.21.20.1.0.0.0.318.2546.0j16j0j1.17.0...0...1c.1.64.psy-ab..3.0.0....0.0xHf7QQVr-s#imgrc=6rMMpwTMiuYoM:&spf=1520443501164](https://www.google.pt/search?biw=1600&bih=805&tbm=isch&sa=1&ei=PiCgWqjALsXWUYu7itAF&q=example+of+particle+board&oq=example+of+particle+board&gs_l=psy-ab.3...36307.43648.0.44451.21.20.1.0.0.0.318.2546.0j16j0j1.17.0...0...1c.1.64.psy-ab..3.0.0....0.0xHf7QQVr-s#imgrc=6rMMpwTMiuYoM:&spf=1520443501164).
- Voltarelli Madeira (2018); Imagens do google consultadas em 12-02-2018; [https://www.google.pt/search?biw=1600&bih=805&tbm=isch&sa=1&ei=rCCgWrXvFoOvUbaTIOAO&q=example+of+osb+board&oq=example+of+osb+board&gs\\_l=psy-ab.3...13520.15083.0.15579.6.6.0.0.0.185.893.0j6.6.0...0...1c.1.64.psy-ab..0.0.0....0.u7b6BOP\\_nTE#imgrc=FzotcdA7dSWeVM:&spf=1520443581312](https://www.google.pt/search?biw=1600&bih=805&tbm=isch&sa=1&ei=rCCgWrXvFoOvUbaTIOAO&q=example+of+osb+board&oq=example+of+osb+board&gs_l=psy-ab.3...13520.15083.0.15579.6.6.0.0.0.185.893.0j6.6.0...0...1c.1.64.psy-ab..0.0.0....0.u7b6BOP_nTE#imgrc=FzotcdA7dSWeVM:&spf=1520443581312).

- Pinto, J. P. (2014); “Pensamento Lean – a filosofia das organizações vencedoras”; 6ª Ed.; Lidel; Portugal.
- George, M. L. (2003); “Lean Six Sigma for Service – How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions”; Mc Graw Hill.
- Pinto, J. P. (2006); Gestão de Operações na Indústria e nos Serviços; Lidel; Lisboa; Portugal.
- Marques, J.C.(2012); Ferramentas da qualidade; Universidades da Madeira; Madeira; Portugal.
- Six Sigma (2018); Site pesquisado no Google: [http://www.whatissixsigma.net/7-  
qc-tools/](http://www.whatissixsigma.net/7-qc-tools/), consultado em 10-07-2018.
- Whiteley, R. C.(1992); A empresa totalmente voltada para o cliente: do planejamento a acção; Tradução de Ivo Korytowsky; 6ª edição; Rio de Janeiro; Brasil.
- ASQ (2018); Site pesquisado no Google: <https://asq.org/global>; Consultado em 13-07-2018.
- Suzaki, K. (2013); “Lean: Gestão do chão de fábrica; Tradução em Português por Leanop.
- Cabral, J. P. S. (2006); Organização e Gestão da Manutenção – Dos Conceitos à Prática; 6ª Edição; Lidel; Lisboa; Portugal .
- Norma Europeia (2007); Norma Europeia de Manutenção EN 13306:2007.
- WIREBSK (2007) Site pesquisado no Google: [https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/158161/108695.pdf?sequ  
ence=1](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/158161/108695.pdf?sequence=1); Consultado em 10-07-2018.

- Monchy, F. (1987); La fonction maintenance – Formation à la gestion de la maintenance industrielle ; Masson ; Paris ; França.
- Slack at al (2002); Site pesquisado no Google: <https://pt.slideshare.net/GedielValdisseradaSi/administracao-da-producao-nigel-slackstuart-chambersrobert-johnston>; Consultado em 14-07-2018.
- Almeida, M. T.(2000); Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade; Site pesquisado no Google:<http://www.mtaev.com.br/download/mnt1.pdf>; onultado em 30-06-2018.
- Pinto, J. P. (2017); Manual do TPM; CLT VALUEBASED PUBLISHING
- Greenfield R. (2009); Desenvolvimento de um sistema ANDON para sistemas Lean; FEUP; Porto; Portugal.
- Juran (1968); Juran’s Quality control Handbook; Mc Graw Hill; New York; USA.
- Scotchmer, A. (2007); 5S Kaizen in 90 minutes; Books Oxford, USA.
- Farinha. J. (2011); Manutenção: A Terologia e as Novas Ferramentas de Gestão; Monitor; Portugal;.
- Yoshinaga, C. (1988); Qualidade total a forma mais pratica e económica de implementação e condução; C Y; São Paulo; Brasil.
- Shook, J. (2009); Toyota’s Secret; MIT Sloan Management Review; Vol 50.
- Nakajima, S. (1989); Introduction to TPM, Total Productive Maintenance; Productivity Press; Minnesota; USA.
- Lins B. (2003); Ferramentas Básicas da Qualidade; Brasilia; Brasil.

- Morrison, S.J. (2009); *Statistics for Engineers an Introduction*; John Wiley and Sons Lda, West Sussex; United Kindom.
- Murteira, B. e Black G. (1983); *Estatística Descritiva*; McGraw-Hill de Portugal,;Portugal.
- Guimarães, R. e Cabral, J. (1997); *Estatística*; McGraw-Hill de Portugal; Lisboa; Portugal.
- Iversen, G e Gergen, M. (1997); *Statistics the conceptual approach*; Spronger-Verlag; New York; USA.
- Soares, G. (2017); *Projeto Lean no Departamento de componentes Mecânicos da Renault CACIA*; Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia Mecânica do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra,;Vol 1; Coimbra; Portugal.
- Rovisco, J. (2017); *Lean Manufacturing – Análise funcional de implementação da metodologia lean numa industria alimentar*; Tese de Mestrado, Departamento de Engenharia e Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia de Coimbra; Vol 1; Coimbra; Portugal.
- Suzaki K. (2010); *Gestão de operações LEAN*; Tradução em Português por Leanop; Portugal.
- George, M., Rowlands, D. e Kastle, B. (2004); *O que é o Lean SIX Sigma*; Atual Editora; Lisboa; Portugal.
- Adler, P., Goldoftas, B. e Levine, D. (1999); *Flexibility Versus Efficiency? A Case Study of Model Changeovers in the Toyota Production System*; School of Business Administration, University of Southern California, Los Angeles, California; USA.

- Gupta, S., Jain, S. (2014); The 5S and kaizen concept for overall improvement of the organisation: a case study; Mechanical Engineering Department, Maharishi Markandeshwar University, Haryana; India.
- Rahman, M., Khamis, N., Zain, R., Deros, B. e Mahmood, W. (2010); Implementation of 5S Practices in the Manufacturing Companies: A Case Study; Department of Mechanical and Materials Engineering, Faculty of Engineering and Built Environment, University Kebangsaan; Malaysia.
- Hough, D. (2008); 5S implementation methodologies; Management Services; New York; USA.
- Bosch (2018); Site pesquisado no Google: <https://www.boschrexroth.com/en/us/products/product-groups/assembly-technology/manual-production-systems/lean-podcasts/index>; Consultado em 22-07-2018.
- Takahashi, Y. e Osada, T. (2013); TPM/MPT: Manutenção Produtiva Total; Instituto IMAM; São Paulo; Brasil.
- Robert Bosch (2005); Standard Andon; Bosch Edition; Alemanha.
- OEE standard (2018), Site pesquisado no Google: <http://www.oestandard.com/>; Consultado em 20-10-2018.
- Almeida, R. (2011); Evaluation and modelling of the costs of non-quality in the Portuguese construction industry; Instituto Superior Técnico; Lisboa; Portugal.
- Suzuki, T.; (1994); TPM in Process Industries; Productivity press; Portland; USA.
- Levitt, J.(2011); Complete Guide to Preventive and Predictive; Industrial Press; New York; USA.

- Wireman, T. (1991); Total Productive Maintenance: an american approach; Industrial Press; New York; USA.
- Wireman, T. (1992); Inspection and training for TPM; Industrial Press; New York; USA.
- Mitra, A (1998); Fundamentals of Quality Control and Improvement; 2<sup>a</sup> ed.; Prentice Hall, Inc.; New Jersey; USA.
- Reis, E. (2008); Estatística Descritiva; Edições Sílabo; 7<sup>a</sup> Edição; Lisboa; Portugal.
- Neter, J. et al. (1996); Applied Linear Statistical Models; McGraw Hill; Portugal.

## ANEXO A: Folheto de sensibilização do TPM

### 8 PILARES TPM

- 1. MELHORIAS FOCALIZADAS:**  
ELIMINAR PERDAS SISTEMÁTICAS

---

- 2. MANUTENÇÃO AUTÔNOMA:**  
"TOMO CONTA DA MINHA MÁQUINA"

---

- 3. MANUTENÇÃO PLANEADA:**  
PLANO MANUTENÇÃO PLANEADA PARA GARANTIR ZERO AVARIAS

---

- 4. EDUCAÇÃO E FORMAÇÃO:**  
DOTAR AS EQUIPAS COM NOVAS COMPETÊNCIAS

---

- 5. CONTROLO/GESTÃO INICIAL EQUIPAMENTOS:**  
DESENVOLVER EQUIPAMENTOS LIVRES DE AVARIAS E MANUTENÇÃO NA FASE DE PROJETO

---

- 6. MANUTENÇÃO DA QUALIDADE:**  
ZERO DEFETOS

---

- 7. TPM NOS DEPARTAMENTOS SUPORTE:**  
PRINCÍPIOS TPM NAS ÁREAS ADMINISTRATIVAS

---

- 8. SEGURANÇA, HIGIENE E MEIO AMBIENTE:**  
ZERO ACIDENTES COM BASE NA IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS

# MANUAL DO TPM

**Departamento dos Revestimentos**  
Sonae Arauco – Oliveira do Hospital

### O QUE É?

"O TPM é um modelo de gestão que procura a Eficiência máxima do sistema produtivo através da eliminação de perdas, do desenvolvimento dos colaboradores e da sua relação com o equipamento."

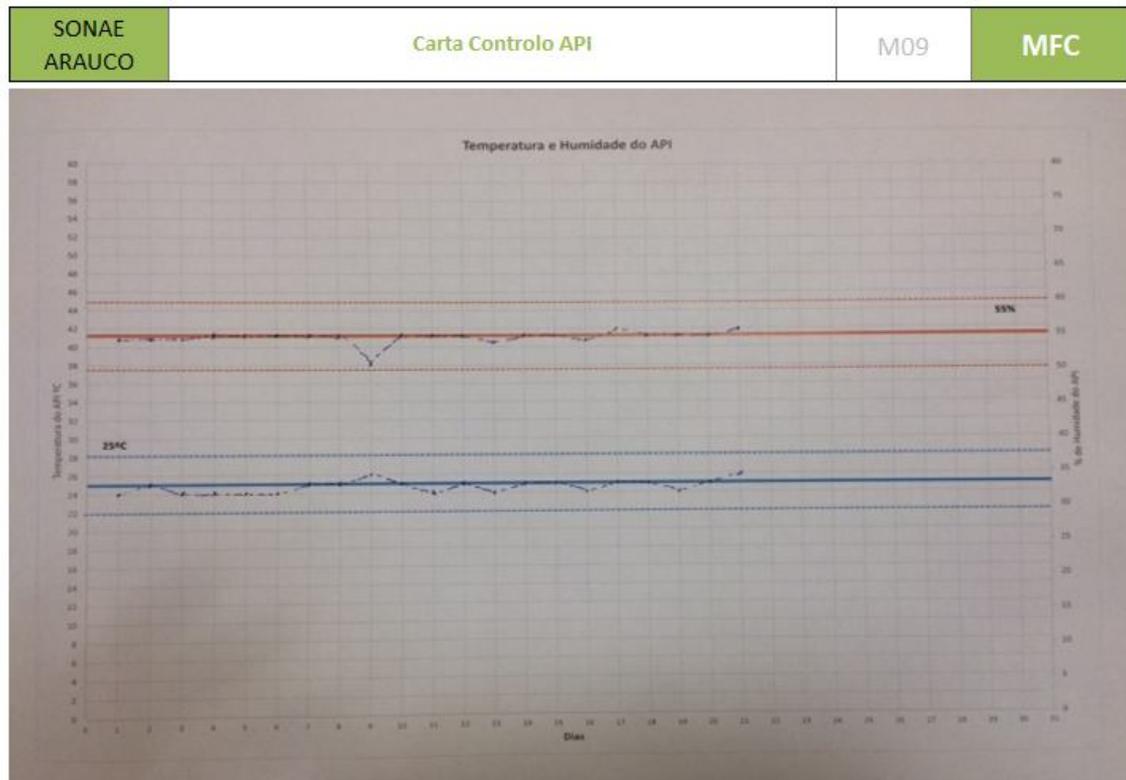
### BENEFÍCIOS DO TPM:

- Zero acidentes
- Zero paragens não programadas
- Zero defeitos causados pelo equipamento
- Zero perdas de velocidade no equipamento
- Melhoria do espírito de equipa
- Gosto pela melhoria contínua dos equipamentos

### ANTES E DEPOIS DO TPM

	TAREFAS MANUTENÇÃO	TAREFAS PRODUÇÃO
<b>ANTES DO TPM</b>	Lubrificar Inspeccionar Reparar Preventiva	Limpeza Produção
<b>NO TPM</b>	Curativa Preventiva Preditiva Check-up e melhorias no equipamento Formação	Limpeza Lubrificação Respeitos Inspeccionar Produção

## ANEXO B: Exemplo de cartas de controlo aplicada no armazém de papel impregnado



## ANEXO C: Check list inicial de 5S

		MÊS AUDITORIA	Fevereiro		Março		Abril			
Nº	PONTO DE CONTROLO	OK	NOK	Colocar PDCA para desvio/outras notas importantes	OK	NOK	Colocar PDCA para desvio/outras notas importantes	OK	NOK	Colocar PDCA para desvio/outras notas importantes
NIVEL 1 - QUADRO EN	1	A reunião acontece de acordo com a frequência estabelecida e todos os elementos estão presentes?	X							
	2	O Quadro da equipa atual tem todos os elementos obrigatório: (Missão, Organograma, Agenda, Presenças, PDCA, Indicadores HSE, qualidade e do área, PTE, Regresso seguro)?		X						
	3	A sequência da reunião está de acordo com a informação do quadro?	X							
	4	Está garantida de forma lógica a triangulação entre Missão, Indicadores e PDCA?	X							
	5	Os KPI's estão atualizados em função da frequência da reunião e permitem uma gestão visual?	X							
	6	O PDCA está atualizado e existem ações criadas na última semana para desvios nos indicadores?	X							
	7	Existe um PTE, é atualizado e tem as principais tarefas da equipa?	X							
	8	O Plano de tarefas é usado para organizar o dia de trabalho da EN?		X						
NIVEL 2 - 5S	9	Na área de trabalho, só existem materiais/ferramentas/informação necessário(s) para a execução das tarefas diárias?		X						
	10	Existe um lugar para cada coisa e está claramente sinalizado/identificado?		X						
	11	Os materiais, utensílios ou objetos estão colocados de forma a que sejam facilmente acessíveis?		X						
	12	Os materiais e equipamentos de segurança estão em bom estado, estão visíveis, sinalizados e acessíveis?	X							
	13	O local ou zona estão limpos?		X						
	14	O plano de limpeza está definido, rotinas de limpeza existem e são cumpridas?		X						
	15	Existem utensílios de limpeza, estão em bom estado e nos locais definidos?	X							
	16	Existem rotinas de segregação de resíduos, são conhecidas e aplicadas?	X							
	17	Zonas de armazenamento, corredores, passadouros, espaços reservados à circulação estão definidos e são respeitados?	X							
	18	Os EPI's são usados por todos os elementos da equipa e encontram-se em bom estado?	X							
	19	Esta auditoria realizou-se de acordo com o plano definido?	X							
	20	Todas as ações corretivas resultantes da última auditoria foram encerradas?		X						
		RESULTADO (SOMA DO Nº DE OK)			QUÊNCIA DA AUDITÓ		Mensual			
JITO POBRE - SEM CONTROLO		0 a 8	0 - 40 %							
POBRE - ALGUM CONTROLO		9 a 13	40 - 65 %	12						
BOM - ACEITÁVEL		Mais 14	> 70 %							
RESULTADO %		60								