Universidade de Aveiro Departamento de Química

Ano 2015

Fábio André Ferreira da Silva

Otimização de uma Linha de Aglomeração de Materiais Reciclados

Universidade de Aveiro Departamento de Química

Ano 2015

Fábio André Ferreira da Silva

Otimização de uma linha de aglomeração de materiais reciclados

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Química, realizada sob a orientação científica do Doutor Francisco Avelino Freitas, Professor auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e do Dr. João Paulo Carvalho, Diretor dos Laboratórios de Qualidade e Desenvolvimento do Produto da Amorim Cork Composites, S.A.

Dedico este trabalho aos meus pais Manuel e Conceição,

e a minha namorada Vanessa.

o júri

presidente

Doutora Maria Inês Purcell de Portugal Branco

Professora Auxiliar – Departamento de Química – Universidade de Aveiro – inesport@ua.pt

Doutor António Augusto Areosa Martins

Professor Auxiliar – Departamento de Eng. Ambiente / Faculdade de Ciências Naturais, Engenharia e Tecnologia – Universidade Lusófona de Portugal – p4270@ulp.pt

Doutor João Paulo Carvalho

Diretor Técnico – Laboratórios de Qualidade e Desenvolvimento do Produto – Amorim Cork Composites, S.A. - pcocarvalho@gmail.com

Agradecimentos

Ao Dr. João Paulo Carvalho, meu co-orientador por parte da Amorim Cork Composites e Diretor dos Laboratórios de Qualidade e Desenvolvimento do Produto, pela oportunidade dada de poder desenvolver a minha dissertação na empresa e por todo o apoio dado durante os 5 meses que estive envolvido neste projeto.

Também ao Eng. Moisés Ribeiro, Diretor das Operações da ACC, ao Sr. Joaquim Leal, Encarregado das linhas de produção de compósitos de cortiça com borracha e ao Eng. Jorge Rodrigues, membro do gabinete de projeto, por todo o conhecimento, disponibilidade, apoio e experiência que disponibilizaram de vossa parte para me ajudar neste projeto.

A Dª Lurdes Libório e ao Álvaro Batista, pelos conselhos, pelo acolhimento na empresa e por todo o conhecimento que me passaram.

Ao Rui Silva, Fábio Pereira, Marta Reinas e a Ana Silva pela partilha de conhecimento, troca de opiniões e pelos conselhos para conseguir a finalização deste trabalho.

Ao Dr. Francisco Avelino Freitas, Professor auxiliar do Departamento de Química da Universidade de Aveiro e meu orientador por parte da Universidade de Aveiro, pela paciência, pelo conhecimento, pelas críticas e pelas correções feitas ao meu trabalho, que me fizeram crescer e conseguir conclui-lo.

Não esquecendo os meus pais, Conceição Leite e Manuel Silva, pela paciência e dedicação, pela vontade, incentivo e conselhos dados nesta fase complexa do meu percurso académico.

A minha namorada Vanessa Pinto, pela paciência, dedicação, pelos conselhos, pelo seu espirito crítico, e pela motivação a que me fizesse conseguir concluir este percurso académico.

A todos os meus amigos e colegas do meu curso, que de uma maneira ou de outra, me ajudaram a concluir este meu trabalho.

A todos os meus familiares e amigos, que direta ou indiretamente deram o seu contributo para me ajudarem a concluir este trabalho.

Palavras-chave

Cortiça, Compósitos, Borracha, Reciclagem, ACC, Manutenção Autónoma, Balanceamento de uma linha, Misturador Vertical, Mistura Sólido-Sólido e Líquido-Sólido

Resumo

Dado a globalização dos negócios e o aumento da competitividade dos produtos, é cada vez mais difícil para as grandes empresas manter a sua posição no mercado. Este processo quer-se rápido, eficaz e com o menor custo possível. Para este efeito, a metodologia *Lean* tem oferecido respostas bastante interessantes às empresas, com a aplicação de ferramentas da metodologia muito simples mas muito eficientes. Garantir características no produto final que façam á empresa manter ou ganhar cota no mercado é fundamental. Como tal, as empresas tentam ao máximo garantir a qualidade e o aspecto visual do produto.

Posto isto, foram efetuados vários trabalhos para fazer frente às situações acima apresentadas e fazer com que o produto continue competitivo, para que possa aumentar a sua margem de lucro, mantendo o seu valor no mercado. Os trabalhos efetuados foram: plano de manutenção autónoma, um estudo do efeito da velocidade do misturador no produto final e um balanceamento à linha de aglomeração.

Com a aplicação do Plano de Manutenção Autónoma, foi possível eliminar desperdícios, tornar a linha mais organizada e limpa e instruir os operadores a serem mais responsáveis, organizados e críticos ao seu trabalho.

Quanto ao estudo do efeito da velocidade do misturador no produto final, os resultados não foram os esperados, dado que com o ensaio industrial efetuado não foi possível melhorar significativamente o aspeto visual do produto.

Apesar de não ter sido possível a sua implementação, com o estudo do Balanceamento da linha, junto com os dados recolhidos foi possível obter um conhecimento mais pormenorizado da linha, foi criada uma possibilidade de proteger a linha de possíveis flutuações do mercado e eliminação de desperdício e uma possibilidade de listagem de tarefas estandartizadas e equilibradas, promovendo um menor esforço aos operadores.

Em síntese, com a elaboração destes trabalhos, foi possível provocar um impacto positivo na linha, tornando-a mais organizada, reduzindo desperdício, protegendo de flutuações do mercado e aumentando o conhecimento da mesma.

keywords

Cork, Composites, Rubber, Recycling, ACC, Autonomous Maintenance, Balancing Lines, Vertical Mixer, Solid-Solid Mixing, Liquid-Solid Mixing

Abstract

Given the business globalization and the increasing of the competitiveness on the products, it is increasingly difficult for multinational companies to maintain its position in the markeplace. This process have to be fast, effective and with the lowest possible cost. For this purpose, the Lean methodology has offered very interesting answers to the companies, with application very simple tools but very efficient. Guarantee to find product characteristics that will make the company maintain or gain market share is the key. As such, companies try to guarantee maximum quality and visual appearance of product.

That said, several studies have been maded to face the above situation and make the product to stay competitive, so that it can increase its profit margin, maintaning its market value. The work performed includes: autonomous maintenance plan, a study of the effect of mixer speed in final product and balancing the agglomeration line.

With the implementation of the Autonomous Maintenance Plan, it was possible to eliminate the waste, setting-up the line most organized and clean and persuade the operators to be more responsible, organized and critical to their job.

As regards to the study of effect of mixer speed in the final product, the results were not expected, as with industrial test executed do not was possible to improve significantly the visual appearance of the product.

Although it was not possible to implement the line balancing, it was improved the knowledge of the line with new data collected, protecting the line against market fluctuations and voiding waste. As consequence, the potencial to carry out more balanced standard tasks will promote effortless duties to operators.

In summary, with this work it was enhanced the production line, making it more organized, with new procedure skills, reducing waste, and reinforced it before market fluctuations.

ÍNDICE

Índice de Figuras iii
Índice de Tabelas v
Lista de Abreviaturas vi
1. Introdução à dissertação 1
1.1. Objetivos da Dissertação 1
1.2. A linha de aglomeração de desperdícios 1
1.2.1. Matérias-primas 4
1.2.2. Produto Final 4
1.3. Estrutura da dissertação 5
2. Enquadramento teórico 7
2.1 Introdução à Amorim Cork Composites 7
2.1.1. Amorim Cork Composites 7
2.2. O Sobreiro, A Cortiça e as suas características 8
2.2.1. O Sobreiro 8
2.2.2. A Cortiça 9
2.3. A borracha 10
2.4. Poliuretano 12
3. Metodologias aplicadas na otimização da Linha DS 13
3.1. Plano de Manutenção Autónoma 13
3.1.1. Manutenção Produtiva Total (TPM) 13
3.1.2. Manutenção Autónoma 16
3.2. Estudo do efeito da velocidade do misturador no produto final 17
3.2.1. Misturador Vertical 18
3.2.2. Processo de mistura 19
3.3. Balanceamento à aglomeração da linha DS 20
3.3.1. *Lean Manufacturing* 20
3.3.2. Balanceamento a uma linha de Produção 22
4. Optimização da Linha DS 26
4.1. Problemas Encontrados 26
4.2. Plano de Manutenção Autónoma e Preventiva 26
4.2.1. Linha DS sem Manutenção Autónoma 26
4.2.2. Descrição das áreas críticas da linha DS 29
4.2.3. Linha DS com Manutenção Autónoma 41
4.2.4. Plano de Manutenção Preventivo 42
4.3. Estudo do efeito da velocidade do misturador no produto final 43

4.3.1. Ensaio industrial 44
4.3.2. Resultados 45
4.4. Balanceamento à linha de aglomeração DS 48
4.4.1. Descrição das tarefas 49
4.4.2. Balanceamento 50
5. Conclusões e sugestões de trabalho futuro 57
Bibliografia 59
Apêndice A: Composição Química da Cortiça 61
Apêndice B: Metodologia 5 S 65
Apêndice C: Estudo dos tempos 66
Apêndice D: Cálculo da Eficiência, Tempo Inatico e Custo Mão-de-Obra para o balanceamento. .78
Apêndice E: Dados da procura da Linha DS e das rejeições de produto acabado. 80

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma do processo de fabrico de cilindros de cortiça-borracha reciclada, na linha de aglomeração de materiais reciclados. 2
Figura 2 – Aglomeração da linha DS. 3
Figura 3 – Trituração da linha DS. 3
Figura 4 – Exemplos de produtos finais da linha de aglomeração de desperdícios (DS). À esquerda, temos um exemplo de cilindro que não tem granulado de cortiça, ou seja, um cilindro de borracha reciclada. Ao meio, um cilindro de cortiça-borracha reciclada. À direita um outro cilindro de cortiça-borracha reciclada, onde é bem visível a existência de mistura de granulados. De notar que cada cilindro é identificado com a referência de produção de cada um, o turno que o produziu, a dimensão e a data de produção. 5
Figura 5 – Marcos históricos do Grupo Amorim desde a sua fundação.....8
Figura 6 – Sobreiro após ter sido descortiçado. (27) 9
Figura 7 – Na figura da esquerda, temos o exemplo de um descortiçamento de cortiça virgem. Na figura do meio temos o exemplo do aspeto visual da cortiça virgem. Na figura da direita, temos o exemplo da cortiça secundeira. (3) 10
Figura 8 – A figura ilustra a *Hevea Brasiliensis*, ou mais comumente conhecida, a árvore Singueira. É desta árvore que nasce a borracha natural. 11
Figura 9 – Na figura é apresentada a estrutura química dos dois tipos de isocianatos (MDI e TDI) mais utilizados na produção de adesivos de poliuretanos, tendo como matéria-prima o isocianato.12
Figura 10 - Esquema da estrutura dos oito pilares que suportam a metodologia TPM. (14).....15
Figura 11 – A figura ilustra o misturador utilizado no processo de fabrico de cilindros de cortiça com borracha reciclada. À direta é possível visualizar o equipamento completo. À esquerda, o formato da porta de descarga do equipamento.....18
Figura 12 – Esta figura ilustra a área onde se vai focar este estudo e o circuito que a mistura após sair do misturador, faz até chegar ao molde. As setas a preto, indicam o percurso que a mistura faz, enquanto que a seta a azul assinala a parede que a mistura encontra ao sair do misturador.....18
Figura 13 – Na figura está descrito o movimento dos materiais dentro de um misturador vertical com 3 pás. O movimento do material dentro do misturador que existe na linha de aglomeração de materiais recicláveis é exatamente o mesmo. (18) 19
Figura 14 – Figuras que retratam a falta de um plano de manutenção autónoma na linha DS. Â esquerda, são visíveis paletes e *bigbags* colocados em frente de tremonhas a serem utilizadas, como o próprio chão se encontra sujo. À direita, para além do chão da avenida da linha estar sujo, existe uma palete em mão estado no meio da avenida. 27
Figura 15 – À esquerda é apresentada a fossa da zona de moldagem. Esta era a imagem frequente da fossa antes do plano de manutenção autónoma. Á direita é possível visualizar uma área de passagem dos operados, obstruída com sacos com desperdícios e um *bigbag* que contém material que foi purgado de uma balança. De nota-se aqui a falta de organização de uma área de trabalho. 27
Figura 16 – Figuras ilustrativas do problema de acumulação de material na porta do misturador. À esquerda, é visível o estando que fica a porta do misturador após trabalhar vários dias sem manutenção. À direita, apresenta-se o problema acima referido. Como é visível, o material vai acumulando e curando junto do vedante que a porta do misturador leva, abrindo folgas na porta, promovendo a fuga de material para o molde.....28
Figura 17 – Nesta figura apresenta-se um cilindro rejeitado, por ter caído granulado sem cola no molde. Muitas rejeições deste género foram aparecendo, muito devido ao problema da porta do misturador. 28
Figura 18 – Área do misturador, na linha DS 29
Figura 19 – A figura ilustra a área das tremonhas. À direita está retratada a situação mais frequente de falta de manutenção na fossa da área das tremonhas. Piso da fossa sujo devido a granulado ter

transbordado da tolva da tremonha. Para este panorama, foi proposto o seguinte plano de manutenção autónoma. 31
Figura 20 – Na figura da esquerda está apresentada a fossa da desmoldagem, enquanto que na figura da direita, é visivel toda a área da desmoldagem. 33
Figura 21 – Figura que mostra a área de aglomeração da linha DS. 34
Figura 22 – Nesta figura é apresentada a área referente ao armazenamento e utilização da cola no processo. 36
Figura 23 – Esta figura apresenta a área de estabilização dos moldes e a zona em volta das estufas. 38
Figura 24 – Nesta figura apresenta-se as fossas dos transbordadores da linha DS. Á esquerda, tem-se o transbordador da zona frontal das estudas, e à direita tem-se o transbordador da zona traseira as estufas. 38
Figura 25 – Nesta figura apresenta-se a linha de reserva de moldes vazios da linha DS. 39
Figura 26 – Figura ilustra a área das tremonhas, a avenida de toda a linha e área de produto final, no início da terceira semana do mês piloto que foi aplicado o plano de manutenção autónoma. A linha aparenta estar muito mais organizada e limpa. 41
Figura 27 – Nesta figura, é apresentada a fossa das tremonhas e a área das tremonhas em pormenor, onde esta se encontra limpa e organizada. De notar que nestas figuras, iniciava-se a terceira semana do mês piloto em que se iniciou a aplicação do plano de manutenção autónoma. 42
Figura 28 – A figura apresenta vários exemplos de cilindros com problemas no seu aspeto. As setas a preto indicam as zonas onde é possível observar acumulações de um certo material nas zonas assinaladas. 43
Figura 29 – São apresentados nas figuras os cilindros da referência 5057 que resultaram do ensaio e outros cilindros que foram produzidos utilizando as velocidades standard já existentes na linha. As setas indicam as zonas onde é comum existir acumulação de materiais nos cilindros. As setas pretas, referem-se às zonas nos cilindros do ensaio efetuado, e as azuis às dos cilindros produzidos com as velocidades standard. 46
Figura 30 – É apresentado na figura, os cilindros da referência 5015 efetuados no ensaio e antes do ensaio. Na figura da esquerda e do meio apresenta-se o cilindro experiência, com setas pretas a assinalar as zonas do cilindro onde é propício aparecer o problema já aqui retratado. Do lado direto, apresenta-se um cilindro produzido antes do ensaio, com as velocidades anteriormente utilizadas. 46
Figura 31 – Por fim, a figura apresenta o cilindro do ensaio com a referência de produção 5085, e um cilindro produzido antes do ensaio. A figura da esquerda e do centro, retratam o cilindro ensaio, onde é também identificado com as setas a preto as zonas do cilindro onde é "normal" o aparecimento de estratificação da borracha. Na figura do lado direito, apresenta-se o cilindro produzido sem as velocidades do ensaio, onde é igualmente identificado com setas, mas agora azuis, as zonas do cilindro onde é propício acontecer a estratificação. 47
Figura 32 – A figura apresenta o fluxograma de tarefas na produção de um cilindro. 48
Figura 33 - Estrutura química hipotética da Suberina da cortiça proposta por *Kolattukudy*, em 1977. (24) 62
Figura 34 - Estrutura química da lenhina da cortiça, proposta por *António Marques*, em 1998. (25) 63
Figura 35 – Estrutura química da Celulose. (3) 64
Figura 36 – Estrutura química da Hemicelulose da Cortiça proposta em 1988, por *Amparo Asencio*. (3) 64

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma à área do misturador. 30
Tabela 2 - Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma na área das tremonhas. 32
Tabela 3 - Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma na área da desmoldagem. 33
Tabela 4 - Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma na área da aglomeração. 35
Tabela 5 - Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma na área da Cola. 37
Tabela 6 - Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma na área de Trabalho. 39
Tabela 7 – Tabela de registo da manutenção autónoma. Aqui os operadores terão de fazer o registo após terem concluído todas as tarefas referentes à área que aplicaram o plano. Ao registar, o operador terá de ter em atenção a semana em que está, assinalar a ação em que estavam englobadas as tarefas que foram executadas e no final, registar a data e a sua assinatura. 40
Tabela 8 – Tabela de dados de densidade, granulometria e a sua proporção de cada matéria-prima utilizada em cada referência de produção. 44
Tabela 9 – Tabela representativa das velocidades de mistura utilizadas normalmente na produção e as que foram otimizadas. 45
Tabela 10 - Tabela de distribuição de tarefas por postos de trabalho, referente à regra heurística: maior peso posicional 52
Tabela 11 - Tabela de distribuição de tarefas por postos de trabalho, referente à regra heurística: maior tempo de processamento 52
Tabela 12 - Tabela de distribuição de tarefas por postos de trabalho, referente à regra heurística: maior peso posicional 53
Tabela 13 – Tabela de distribuição de tarefas por postos de trabalho, referente à regra heurística: maior tempo de processamento 54
Tabela 14 – Tabela de resultados finais para cada objetivo de produção. 55
Tabela 15 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Colocar molde na aglomeração. ..69
Tabela 16 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Fazer Cilindro. 70
Tabela 17 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Colocar molde no carrinho. 71
Tabela 18 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Colocar molde na desmoldagem. 72
Tabela 19 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Desmoldar Cilindro. 73
Tabela 20 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Preparar molde. 74
Tabela 21 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Fazer Pesagem. 75
Tabela 22 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Buscar material para a tremonha. 76
Tabela 23 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Colocar *bigbags* na tremonha. 77
Tabela 24 – Tabela de dados da procura de cilindros da linha DS. 80
Tabela 25 - Tabela de dados das rejeições de cilindros da linha DS. 80

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Unidades	Significado
ACC		Amorim Cork Composites
AD		Granulados de pequenas dimensões
BD		Granulados de grandes dimensões
C	$\frac{min}{cilindro}$	Tempo de Ciclo
CR		*Cork-Rubber* (Cortiça-Borracha)
CustoMOD	$\frac{€}{cilindro}$	Custo de mão-de-obra
D	%	Percentagem de tempo inativo
DS		Aglomeração de materiais recicláveis
E	%	Eficiência
MD		Granulados de médias dimensões
MDI		4,4' – difenilmetanodiisocianato
N		Número de postos de trabalho
$\boldsymbol{N_{min}}$		Número teórico mínimo de postos de trabalho
NR		Borracha Natural
RPW		Maior Peso Posicional
SMED		*Single minute Exchange of Die* (troca rápida de ferramentas)
SR		Borracha sintética
STP		*Toyota Production System* (Sistema de Produção da Toyota)
TDI		2,6 – toluenodiisocianato
TPM		Manutenção Produtiva Total
Simbologia Grega		
$\sum \boldsymbol{t}$	min	Somatório dos tempos de todas as tarefas

1. INTRODUÇÃO À DISSERTAÇÃO

1.1. OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação tem como tema a otimização da linha de aglomeração de materiais reciclados, que opera na Amorim Cork Composites, S.A.. E como tal, este trabalho terá como principal objetivo acompanhar e melhorar o processo de fabrico da linha de produção, tanto como os métodos de trabalho utilizados pelos operários, de maneira a aumentar a rentabilidade e qualidade da produção.

Foi sugerido pela empresa, dentro do tema, focalizar o trabalho no melhoramento da qualidade e do aspeto do produto final e propor e implementar um plano de manutenção autónoma.

Para além disto, foi proposto ainda efetuar um balanceamento à linha de maneira a proteger a mesma de possíveis flutuações do mercado.

1.2. A LINHA DE AGLOMERAÇÃO DE DESPERDÍCIOS

A linha de aglomeração de materiais recicláveis (DS) refere-se a uma linha que produz compósitos de cortiça com borracha reciclada. Estes são produzidos sob a forma de cilindros de 1 metro de diâmetro e com várias alturas, consoante a exigência do cliente. Esta linha tem como objetivo aproveitar desperdícios produzidos por dois sectores da empresa, de maneira a diminuir os mesmos e assim conseguir rentabilizar estes materiais. Esta linha opera a 3 turnos de 8h, 5 dias por semana.

O processo produtivo da linha é simples: é misturado, num misturador vertical, granulado de cortiça com granulado de borracha reciclada e uma resina de pré-polímero de poliuretano. Esta mistura é descarregada para um molde cilíndrico onde é submetido a uma prensagem. Quando o cilindro receber o número de misturas e prensagens suficientes para atingir a altura desejada, é encaminhado para uma estufa, onde lá é efetuado o processo de cura, ou seja, onde o cilindro ganhará consistência e rigidez. Após esta etapa, os moldes passam para uma fase de estabilização, zona onde eles são arrefecidos, seguindo para a etapa de desmoldagem. Finalmente, os cilindros são desmoldados e reservados na área de produto final.

De notar que a linha tem associada a ela, uma área de trituração de desperdícios de borracha. Para além dos desperdícios produzidos por outras secções, a empresa adquire desperdícios de

borracha a empresas externas. Estes desperdícios e os que a empresa produz, são triturados nesta área. Após a trituração, são reservados em silos e usados para a produção de cilindros.

Na Figura 1, temos o fluxograma de processo da linha.

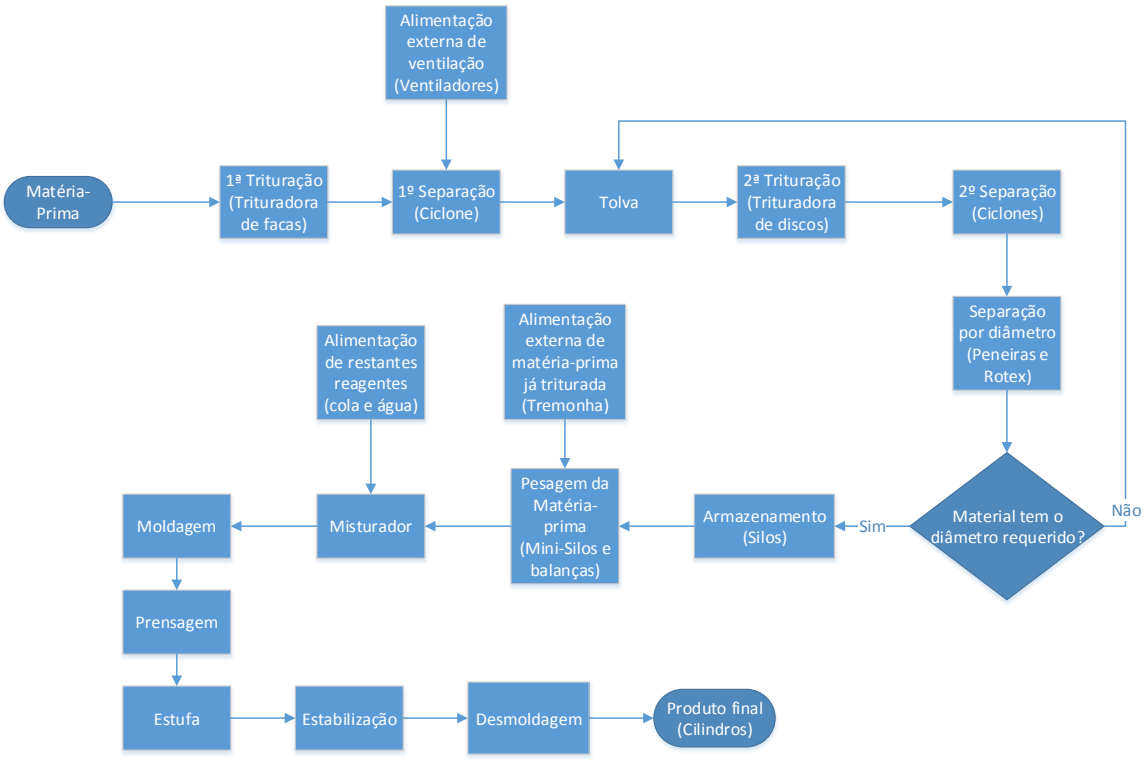

Figura 1 – Fluxograma do processo de fabrico de cilindros de cortiça-borracha reciclada, na linha de aglomeração de materiais reciclados.

Foi proposto por parte da empresa, que trabalhasse de maneira a otimizar a linha e o produto final, vincando mais no produto final. Como tal, a enfase ao longo deste trabalho será dada à parte da aglomeração de cilindros e não à parte de trituração.

Na Figura 2 e na Figura 3 está representado o diagrama de processo da linha DS, estando ela dividida em aglomeração e trituração.

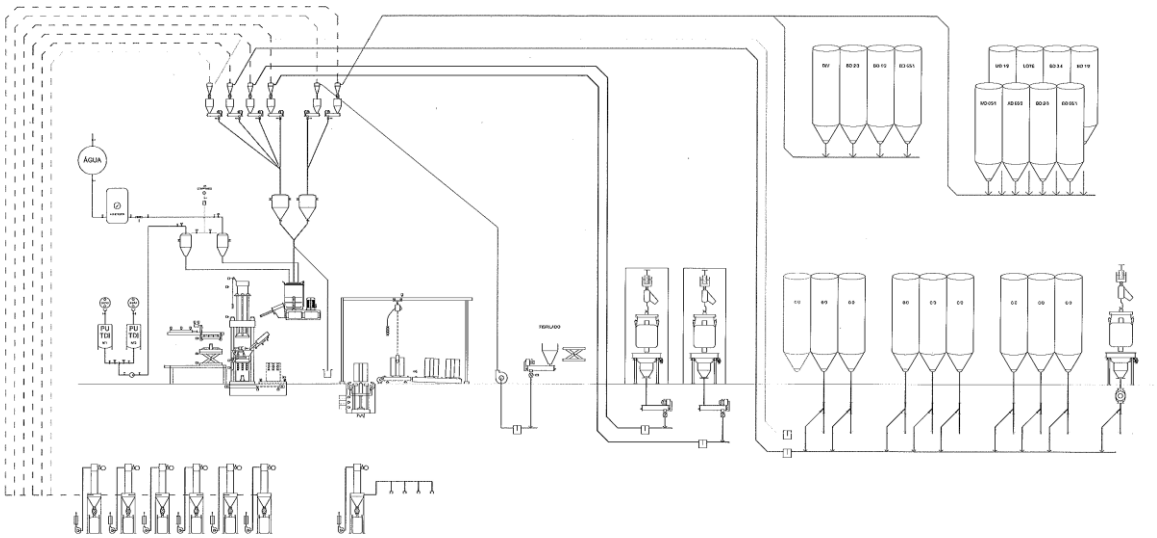

Figura 2 – Aglomeração da linha DS.

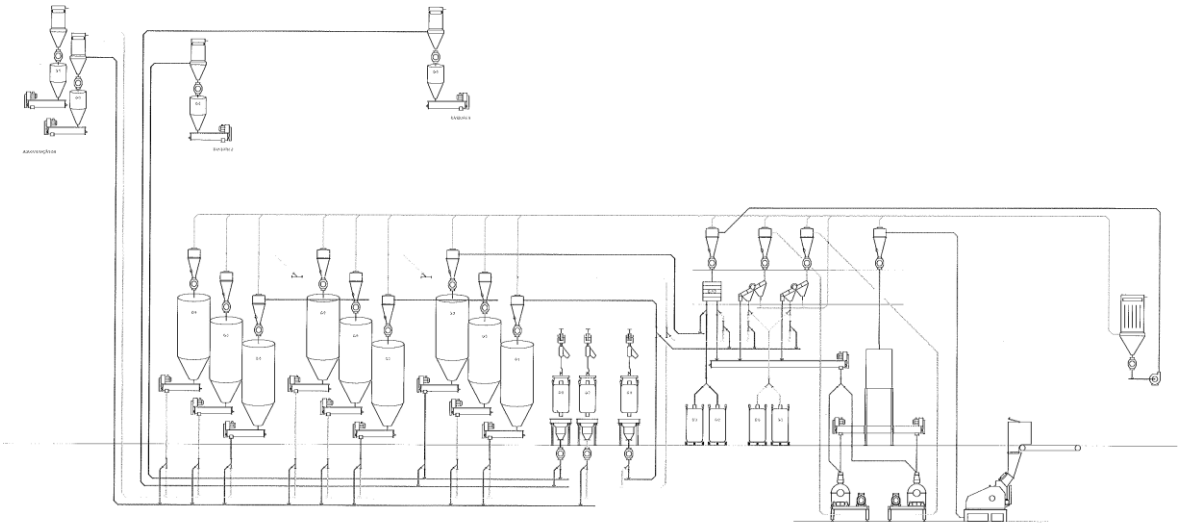

Figura 3 – Trituração da linha DS.

Nos seguintes subcapítulos serão abordadas as matérias-primas utilizadas na produção de cilindros de cortiça com borracha reciclada na linha e o produto final característico desta linha, tal como o mercado que se destina e quais as especificações que o mercado exige.

1.2.1. Matérias-primas

Na linha DS são utilizados vários tipos de matérias-primas: granulados de cortiça, regranulados de cortiça com borracha, granulado de borracha de pneu-reciclado, granulados de espumas de poliuretano e resina de poliuretano.

- Os granulados de cortiça, são produzidos internamente na ACC, noutra empresa – Trituração de Cortiça – sendo o abastecimento feito automaticamente à linha DS. Existem três tipos de granulados de cortiça utilizados, sendo eles distinguidos por granulometria e por densidade.

  - Quanto à granulometria, existem 3 tipos diferentes utilizados na linha DS: 0.5/1 mm, 1/2 mm e 2/3 mm. Em termos de densidades utilizam-se granulados de cortiça AD (granulado de alta densidade), granulado de cortiça MD (granulado de média densidade) e granulado de cortiça BD (granulado de baixa densidade);

- Os regranulados de borracha reciclada, trata-se de um reaproveitamento da produção de blocos e cilindros de cortiça com borracha vulcanizada produzida na ACC. Estes regranulados são produzidos internamente e têm uma granulometria de 0/2 mm e um peso específico aparente de 200-300 kg/m^3. Faz-se além disso a distribuição pela cor e tipo de granulado.

- O granulado de pneu é comprado externamente. Trata-se de um reaproveitamento dos pneus de automóveis e camiões. Existem diferentes granulometrias e formas – circular e fibrilado. A ACC compra 3 tipos de granulometria: 0.2/0.6 mm, 0.5/2 mm, 0.8/4 mm e 2/4 mm. A densidade aparente destes granulados ronda os 420 kg/m^3.

Finalmente a ACC adquire espumas de poliuretano e EVA, que depois tritura internamente, gerando granulados de baixa densidade (cerca de 100 kg/m^3) e de diferentes – 0/2 mm e 0/5 mm.

1.2.2. Produto Final

Como já foi referido em 1.2., o produto final baseia-se em cilindros de aglomerados cortiça-borracha reciclada e cilindros somente de borracha reciclada. Este é um produto que raramente é vendido neste formato ao cliente, sendo a maioria das vezes submetido a vários processos de acabamentos, tais como laminagem, apara e corte do cilindro em placas e rolos. Este tipo de produtos são normalmente vendidos a clientes que atuam no ramo da construção civil.

Nas seguintes figuras, apresentam-se alguns exemplos de cilindros produzidos na linha DS.

Figura 4 – Exemplos de produtos finais da linha de aglomeração de desperdícios (DS). À esquerda, temos um exemplo de cilindro que não tem granulado de cortiça, ou seja, um cilindro de borracha reciclada. Ao meio, um cilindro de cortiça-borracha reciclada. À direita um outro cilindro de cortiça-borracha reciclada, onde é bem visível a existência de mistura de granulados. De notar que cada cilindro é identificado com a referência de produção de cada um, o turno que o produziu, a dimensão e a data de produção.

Os cilindros produzidos nesta linha têm 1 metro de diâmetro e pode ter alturas que podem ir desde as 40 polegadas até as 62. Um cilindro pode ter um peso entre 200 kg a 700kg, consoante a altura e a referência de produção do mesmo.

O controlo de qualidade do produto é importante, visto que o produto no mercado tem de garantir certas especificações para poder ser vendido. Como tal, o departamento de qualidade da empresa, faz vários testes laboratoriais de maneira a verificar se o produto está dentro das especificações pedidas.

Os testes laboratoriais feitos a este tipo de produtos são: teste à compressão e consequente recuperação do produto, à tensão de rutura, à dureza e a sua densidade.

1.3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos que descreveram todo o trabalho elaborado ao longo de seis meses. Este trabalho está distribuído pelos capítulos, da seguinte forma:

No Capítulo 1, temos a introdução à dissertação, onde são abordados os objetivos deste projeto, a descrição pormenorizada da linha de aglomeração de desperdício (incluindo matérias-primas e produto final), e da dissertação.

O enquadramento teórico será feito no Capítulo 2, onde será apresentada a Amorim Cork Composites, S.A., e todos os materiais que dão o produto final obtido nesta linha de produção.

Já o Capítulo 3 falará das metodologias aplicadas na linha para a sua otimização. Aqui será abordado todas as metodologias, conceitos e ferramentas utilizadas no trabalho, para se conseguir chegar aos resultados apresentados.

No Capítulo 4, serão apresentados todos os resultados e otimizações conseguidas durante o período de trabalho. Todo o trabalho efetuado e resultados obtidos serão apresentados neste capítulo.

Por fim, temos o Capítulo 5 que apresentará as conclusões a tirar deste mesmo trabalho e sugestões futuras, que poderão ser uteis para a empresa.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

2.1 INTRODUÇÃO À AMORIM CORK COMPOSITES

2.1.1. Amorim Cork Composites

A Amorim Cork Composites (ACC) é uma empresa que pertence ao grupo Amorim, foi fundada em 1963 e fica situada na freguesia de Mozelos, no concelho de Santa Maria da Feira, distrito de Aveiro. No ano de fundação, a empresa tinha o nome de Corticeira Amorim, Lda. que mais tarde, em 2009, iria mudar de nome para o atual, devido à reorganização do grupo e fusão de algumas empresas dentro do grupo Amorim, sendo a partir de agora a empresa detida pela Corticeira Amorim SGPS, SA.

A Amorim Cork Composites foi criada com o objetivo de reaproveitar os resíduos de cortiça gerados por uma outra unidade fabril do Grupo Amorim, a Amorim & Irmãos, Lda, que é responsável pela produção de rolhas no grupo. Os resíduos de cortiça são transportados até a Amorim Cork Composites onde são transformados em aglomerados e granulados de cortiça. Com isto, para além de acrescentar valor a algo que até a data era desperdício, conseguiu-se criar uma nova aplicação para os resíduos de cortiça, abrindo assim no mercado uma nova área de negócio completamente inovadora, com características únicas. À medida que o tempo foi passando, e com a evolução da industrialização, foi cada vez mais estudada e conhecida esta matéria-prima e os processos de produção ficaram cada vez mais vincados, o que possibilitou com que surgissem novos produtos com novas utilidades e assim sendo, novas oportunidades de negócio que fizeram com que a empresa crescesse de forma sustentada. No ano de 2015, foi tomada a decisão de transferir toda a produção de compósitos de borracha, que até então era feita na Amorim Cork Composites de Corroios, para a unidade fabril de Mozelos. Esta decisão foi tomada, visto que os acabamentos deste material era feitos em Mozelos e os custos de logística eram elevados, para fazer com que toda a produção de compósitos de borracha chegasse a Mozelos.

Quanto à presença da ACC no mundo, existe uma unidade de produção nos Estados Unidos da América. E quanto as suas vendas, a ACC tem clientes espalhados por todo o mundo, mas é para os Estados Unidos da América, Europa Ocidental, Rússia e Ásia que mais exporta.

É de referir também que quanto à sua posição no mercado mundial, a ACC detém uma cota de 49 % do mercado de compósitos de cortiça a faturação no ano de 2013 foi de cerca 74 milhões de euros.

Na Figura 5 encontra-se os marcos históricos do grupo Amorim.

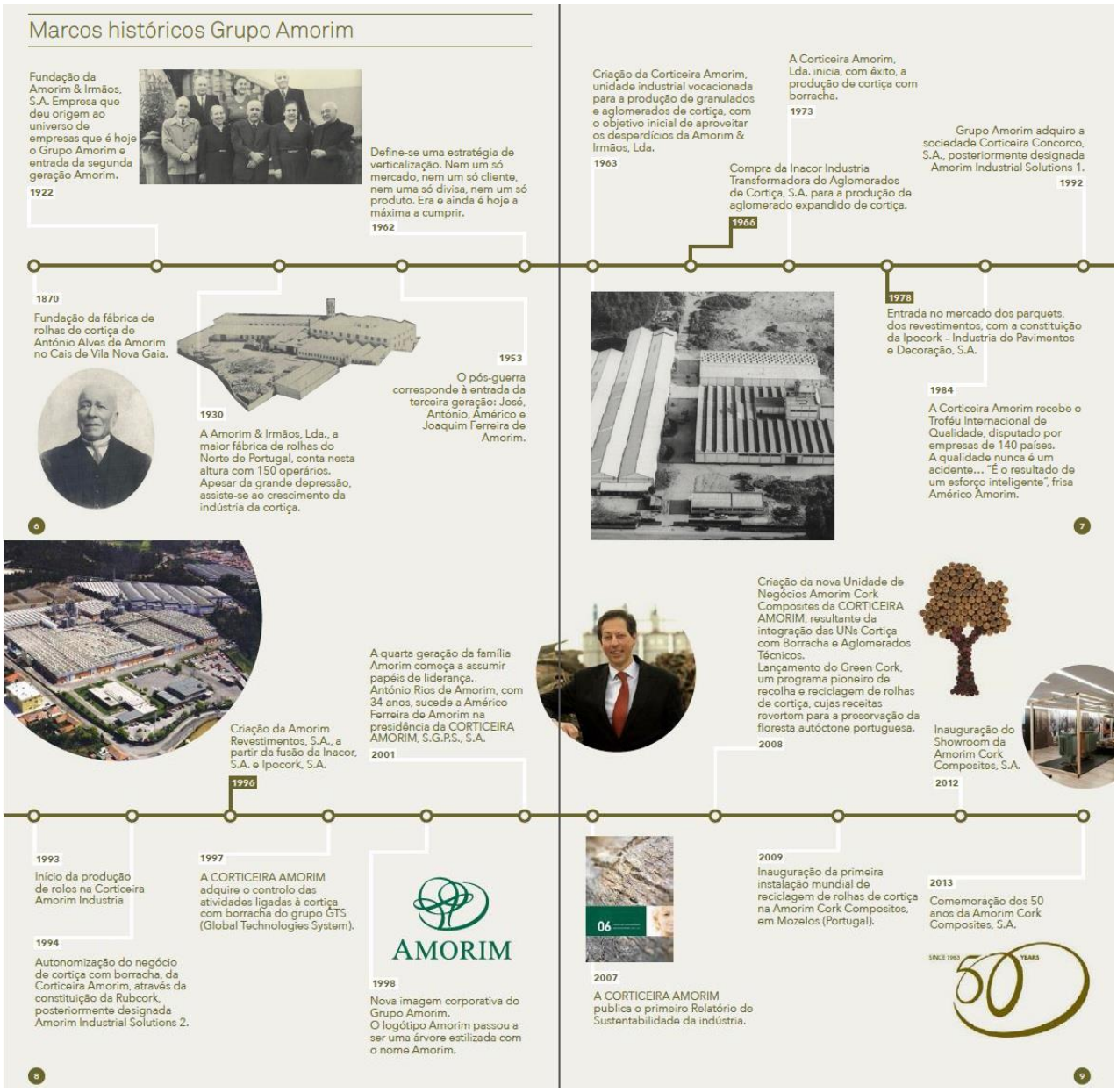

Figura 5 – Marcos históricos do Grupo Amorim desde a sua fundação.

2.2. O SOBREIRO, A CORTIÇA E AS SUAS CARACTERÍSTICAS

2.2.1. O Sobreiro

A cortiça é definida como sendo a casca protetora do sobreiro (*Quercus suber L.*). O sobreiro é uma árvore que se encontra na zona ocidental do mediterrânio, com zonas que têm um clima de influência atlântica, sendo ela uma árvore característica do território português, que se encontra basicamente a sul do Tejo. (1) O processo de extração de cortiça do sobreiro é feito, através do corte

e arrancamento da cortiça no tronco do sobreiro num período de espaçamento de 9 em 9 anos, após a árvore ter atingido o seu estado adulto. Um sobreiro demora cerca de 25 anos até atingir o seu estado adulto, ou seja, até ser extraída a primeira camada de cortiça (a cortiça virgem). (2) Um sobreiro pode dar entre 30 a 220 kg de cortiça amadia[1], isto dependendo da superfície de descortiçamento, e a produtividade deste pode ir em média dos 8 a 11 kg/m^2 de área de descortiçamento por ciclo de produção. A operação de descortiçamento é efetuada entre o final da primavera e o verão, normalmente entre os meses de Maio e Julho. (3)

O Sobreiro é uma árvore protegida em Portugal (na Figura 6, temos um exemplo de sobreiro) e tem regimes de proteção abrangidos por leis governamentais, de maneira a manter sustentável a sua exploração e produção de cortiça. No Decreto-Lei nº 169/2001 está definido em que condições se pode abater um sobreiro, como qual o regime de proteção que esta árvore está abrangida.

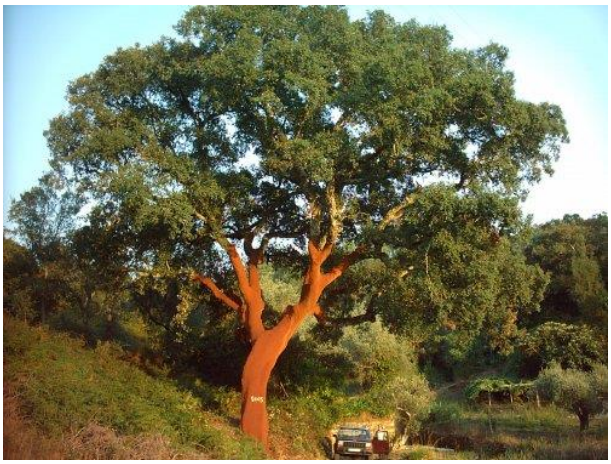

Figura 6 – Sobreiro após ter sido descortiçado. (27)

2.2.2. A Cortiça

O sobreiro ao longo da sua vida dá vários tipos de cortiça, tendo estes características diferentes. Os tipos de cortiça existentes são: a *cortiça virgem*, a *cortiça segundeira* e a *cortiça amadia*.

A *cortiça virgem* é a primeira cortiça a ser extraída. Sendo a cortiça virgem um tipo de cortiça que tem pouca espessura, esta é unicamente utilizada para produção de aglomerados de cortiça e não para o fabrico de rolhas.

[1] Ultima camada de cortiça que nasce do tronco do sobreiro.

A *cortiça segundeira* é a segunda camada de cortiça, após o primeiro descortiçamento. Este tipo de cortiça consegue já uma espessura considerável, mas ainda tem numerosas fraturas verticais, que impedem a sua utilização para o fabrico de rolhas. Tal como a cortiça virgem, esta destina-se à produção de aglomerados.

A partir da 3ª extração, a cortiça chama-se *amadia*. Apresentando uma espessura uniforme e com poucas fraturas verticais. Por estes motivos, a cortiça amadia é a matéria-prima ideal para o fabrico de rolhas naturais.

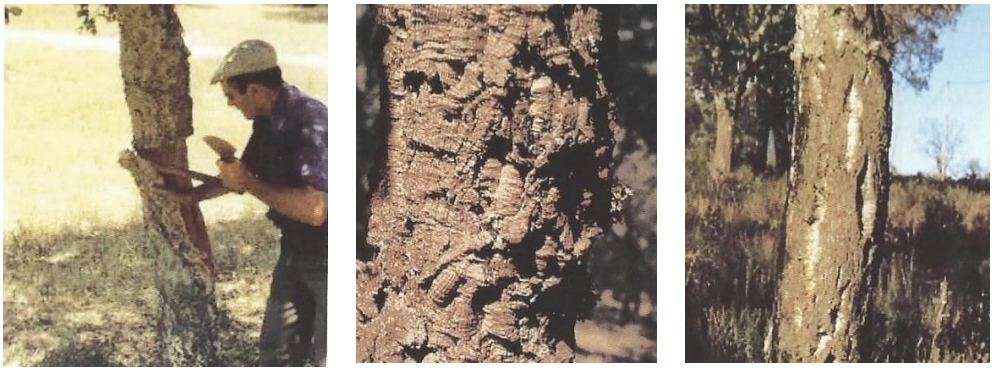

Figura 7 – Na figura da esquerda, temos o exemplo de um descortiçamento de cortiça virgem. Na figura do meio temos o exemplo do aspeto visual da cortiça virgem. Na figura da direita, temos o exemplo da cortiça secundeira. (3)

Após a extração, a cortiça é tratada para um melhor manuseamento a nível industrial. Inicialmente ela sofre um cozimento com água a 98 ºC durante uma hora, de maneira a diminuir o efeito ondulatório, tornando as "placas de cortiça" o mais lineares possível e facilitando assim o seu processamento na indústria corticeira. Basicamente, este cozimento permite endireitar as paredes celulares da cortiça, retirando o efeito curvo das placas (originado pelo tronco do sobreiro) e tornando-as planas. (3)

2.3. A BORRACHA

A borracha tem um papel importante nos cilindros produzidos na linha DS, pois configura ao produto final características de elasticidade e impermeabilidade e juntando com a cortiça, forma um material de características únicas. Sendo esta uma linha de reaproveitamento de desperdícios, não existe um conhecimento muito aprofundado sobre as borrachas utilizadas, sendo que o importante aqui seja que o produto final, adquira as características acima enunciadas. Assim sendo, faz-se agora uma breve introdução sobre a borracha, abordando os mercados atuais, os tipos de borracha existentes e as suas características.

Atualmente é impossível pensar num mundo sem borracha. Dado à quantidade de características que a borracha oferece, é enorme o mercado em que a borracha está inserida. Desde o

calçado, a componentes para calçado, a correias de transmissão, mangueiras, pneus, pavimentos, tapetes, revestimentos, etc…é basto o mercado deste tipo de material. (7) O mercado deste material encontra-se numa fase crescente, sendo que anualmente são produzidos, comercializados e consumidos cerca de 25 milhões de toneladas de borracha natural e sintética em todo o mundo, fazendo a borracha um dos materiais mais importantes do ramo industrial à escala mundial. (8)

Existem dois tipos de borracha: a borracha natural (NR) e a borracha sintética (SR). O poliisopreno (ou borracha natural), é um polímero que pode ser encontrado na seiva (ou latéx) da *Hevea Brasiliensis* (ou mais comum, a Seringueira – encontra-se na Figura 8) que após passar pelo processo de vulcanização, adquire características elásticas únicas. (9) Segundo *Maurice Norton*, no seu livro *Rubber Technology*, Cristóvão Columbo foi o primeiro europeu a descobrir a borracha natural, na era dos descobrimentos (em meados de 1490), quando explorava o Haiti. Apesar da descoberta, a borracha natural nunca teve grande utilidade até ter sido descoberta, praticamente no início da Revolução Industrial, a vulcanização. Rapidamente este material ganhou características e interesse, acompanhando assim a evolução exponencial da revolução industrial. Mas rapidamente, a procura de borracha natural vulcanizada, era maior que a oferta que as *Hevea Brasiliensis* existentes no mundo poderiam dar. Houve então necessidade de criar uma alternativa, descobrindo-se então a borracha sintética. (7) (9)

Figura 8 – A figura ilustra a *Hevea Brasiliensis*, ou mais comumente conhecida, a árvore Singueira. É desta árvore que nasce a borracha natural.

Define-se borracha sintética como toda a borracha que é produzida industrialmente, sem ter como base o latex, extraído de espécies botânicas. Este tipo de borracha é conhecido devido a basta gama de propriedades que pode ter. (7) (9) (10) Para além a capacidade elástica e da sua impermeabilidade, é possível encontrar borrachas sintéticas resistentes à abrasão, resistentes a compostos orgânicos, resistentes a raios UV e intempéries, etc… (8)

Em 1909 foi descoberto o processo de polimerização, com a obtenção do polibutadieno, pelos ingleses W.H. Perkin, F.E. Mathews & E.H. Strange, o alemão C.D. Harries e o Russo Lebdev.

Em 1930, a empresa americana Thiokol Corp. inicia a produção industrial de borracha de polissulfureto. (7) (10)

2.4. POLIURETANO

É utilizado no processo de aglomeração de cilindros de cortiça com borracha reciclada, uma resina de poliuretano de maneira a unir a cortiça com a borracha. Tendo o poliuretano esta tarefa e sendo ela importante para o processo, segue-se uma introdução explicativa sobre o poliuretano, abordando especialmente as suas características como adesivo.

O poliuretano foi descoberto em 1930 por Otto Bayer, altura em que a borracha sintética começava a aparecer no mercado. Este é um polímero de elevado valor, visto que é basta a gama de aplicações que pode ter. Entre elas, a aplicação que interessa para este trabalho é a grande capacidade adesiva. (11) (12)

São vários os mercados que utilizam como adesivo o poliuretano: o mercado do calçado, automóvel, têxtil, construção civil, etc… Este é utilizado basicamente pela sua capacidade em unir materiais com grande facilidade, não interferindo na performance do produto, garantindo a resistência a altas temperaturas e vibração. É possível encontrar adesivos de poliuretano com e sem base solvente, mas devido a legislações ambientais, têm vindo a deixar de se utilizar adesivos de poliuretano base solvente, visto que é elevada a taxa de compostos orgânicos voláteis que este adesivo de poliuretano contem. (11) (12)

O adesivo utilizado na linha de aglomeração de materiais recicláveis é um pré-polímero de poliuretano sem solvente. O isocianato, geralmente utilizado para a síntese do adesivo de poliuretano é o MDI (4,4' - difenilmetanodiisocianato), visto que é um isocianato pouco volátil. Outro monómero de isocianato muito utilizado é o TDI (2,6 - toluenodiisociato). Na Figura 9, são apresentadas as estruturas químicas do TDI e do MDI. (11) (12)

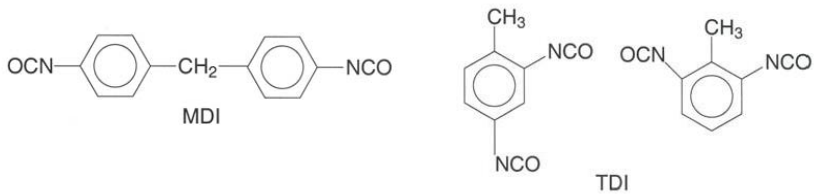

Figura 9 – Na figura é apresentada a estrutura química dos dois tipos de isocianatos (MDI e TDI) mais utilizados na produção de adesivos de poliuretanos, tendo como matéria-prima o isocianato.

3. METODOLOGIAS APLICADAS NA OTIMIZAÇÃO DA LINHA DS

3.1. PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA

3.1.1. Manutenção Produtiva Total (TPM)

A manutenção produtiva total (TPM) é um sistema de gestão a nível da produção de melhoria contínua, que tem como função otimizar o funcionamento dos equipamentos e áreas da empresa, através da intervenção de todos os colaboradores, de maneira a tentar sempre atingir o principal objetivo: zero falhas, zero defeitos e zero acidentes. Este é um sistema que foca a manutenção preventiva e autónoma, evitando simplesmente a manutenção corretiva e assim sendo, reduzindo desperdícios, perdas de tempo, esforço dos colaboradores e prejuízos. (13) (14)

A sigla TPM vai ao encontro da definição, sendo que cada letra tem o seguinte significado (15):

T ("Total") - a letra T, da palavra Total, refere-se ao total/global da empresa. Mais especificamente, refere-se a otimização da eficiência global e/ou o ciclo total de vida útil do sistema produtivo, criando mecanismos de trabalho que eliminem todas as perdas, envolvendo a empresa na sua totalidade, desde os órgãos administrativos até aos operadores.

P ("Productive" – Produtividade) – quanto à letra P, da palavra Productive, tem como significado a procura da produtividade no seu limite máximo de eficiência eliminando todos os tipos de perda existentes no processo.

M ("Maintenance" – Manutenção) – por fim a letra M, da palavra Maintenance, que se refere à preservação de todos os equipamentos e processos produtivos, mantendo todos os sistemas produtivos existentes na empresa em condições ideais para operarem.

- Pilares da TPM

A metodologia de manutenção produtiva total é suportada por uma estrutura de oito pilares. São oito condições necessárias para que a empresa tenha sucesso na implementação da metodologia e assim consiga o aumento da eficiência, melhoria na qualidade do produto, reduza o esforço físico dos operadores e reduza/elimine prejuízos.

Serão agora definidos os oito pilares da TPM, de acordo com a Figura 10 (14):

1. Saúde e Segurança (*Health & Safety*) - Este é um dos pilares mais importantes, visto que é o que trará para a empresa o objetivo dos "zeros acidentes". Os operadores são peças fundamentais nas empresas, pois são estes que trabalham no terreno e nos equipamentos diariamente. Aqui o importante é proteger, formar e treinar os operadores tanto para as tarefas que irão desenvolver no seu trabalho, como para todas as tarefas que irão desenvolver nos planos de manutenção, de maneira a que o seu posto de trabalho seja um local seguro.
2. Educação e Formação (*Education & Training*) – A educação e formação de todos os colaboradores envolventes nesta metodologia é fulcral. Sendo a TPM, um sistema de rigor e autodisciplina, é importante que toda a estrutura saiba exatamente o que fazer, quando deva fazer e como deva fazer cada tarefa que lhe será atribuída. Se este pilar na for bem definido pela empresa, a metodologia TPM simplesmente não funcionará.
3. Manutenção Autónoma (*Autonomous Maintenance*) – A ideia da manutenção autónoma é que os operadores efetuem tarefas de "limpeza e verificação" na sua área de trabalho e equipamentos, de maneira a reduzir possibilidades de avarias prolongadas de equipamentos, redução de desperdícios, tornar áreas e equipamentos mais limpos e aumentar as técnicas e qualidade dos operadores, tornando-os mais autónomos, responsáveis e conhecedores das áreas e equipamentos que operam.
4. Manutenção Planeada (*Planned Maintenance*) – O objetivo da manutenção planeada passa por efetuar um rastreio planeados aos equipamentos de maneira a procurar previamente falhas e resolvendo-as com a aplicação de análise de Causa Raiz[2]. Este é um pilar importante, visto que com a manutenção planeada, a empresa consegue antever o problema, solucionando-o sem necessitar de intervenções demoradas ou substituição de equipamentos.
5. Manutenção da Qualidade (*Quality Maintenance*) - Este pilar é o que dará à empresa "zero defeitos". O objetivo da manutenção da qualidade é garantir, através de equipas multidisciplinares, os parâmetros de qualidade do produto, tendo em consideração a manutenção dos equipamentos. Ou seja, efetuar constantes testes de qualidade ao produto final, garantindo que o produto tem as especificações que a empresa pretende e paralelamente, efetuar testes de qualidade e eficiência ao equipamento, para garantir que todos os equipamentos conseguem fabricar produtos de qualidade.

[2] Análise de Causa Raiz é um método utilizado para analisar o(s) problema(s) que afetam o bom funcionamento do equipamento e que proporciona à existência de outros problemas no equipamento, criando assim um efeito avalanche. Esta análise permite eliminar o problema do equipamento pela raiz, com processos de análise no campo, tentando perceber o porquê do problema, como aconteceu e quando aconteceu. (29)

6. Melhoria de foco (*Focused Improvement*) – O pilar de melhoria de foco terá como objetivo a análise, identificação e solução de problemas antigos de equipamentos e problemas existentes nas montagens dos mesmos. A empresa terá que ter equipas multidisciplinares que terão a responsabilidade de analisar e verificar se este tipo de problemas existem e se é viável a sua resolução.
7. Sistema de Suporte (*Support Systems*) – Este pilar terá como tarefa ajudar todos os departamentos da empresa a identificar e eliminar desperdícios. Pois todos os departamentos contribuem (uns mais, outros menos) para o impacto económico da empresa e cabe ao sistema de suporte, tornar estes departamentos menos dispendiosos e mais eficientes.
8. Gestão de fase inicial (*Initial Phase Management*) – Este pilar é direcionado para a organização e planeamento da empresa. São construídas equipas que irão analisar cada etapa da produção e reorganiza-la e/ou planeá-la (caso necessário), sempre com o objetivo de eliminar desperdício.

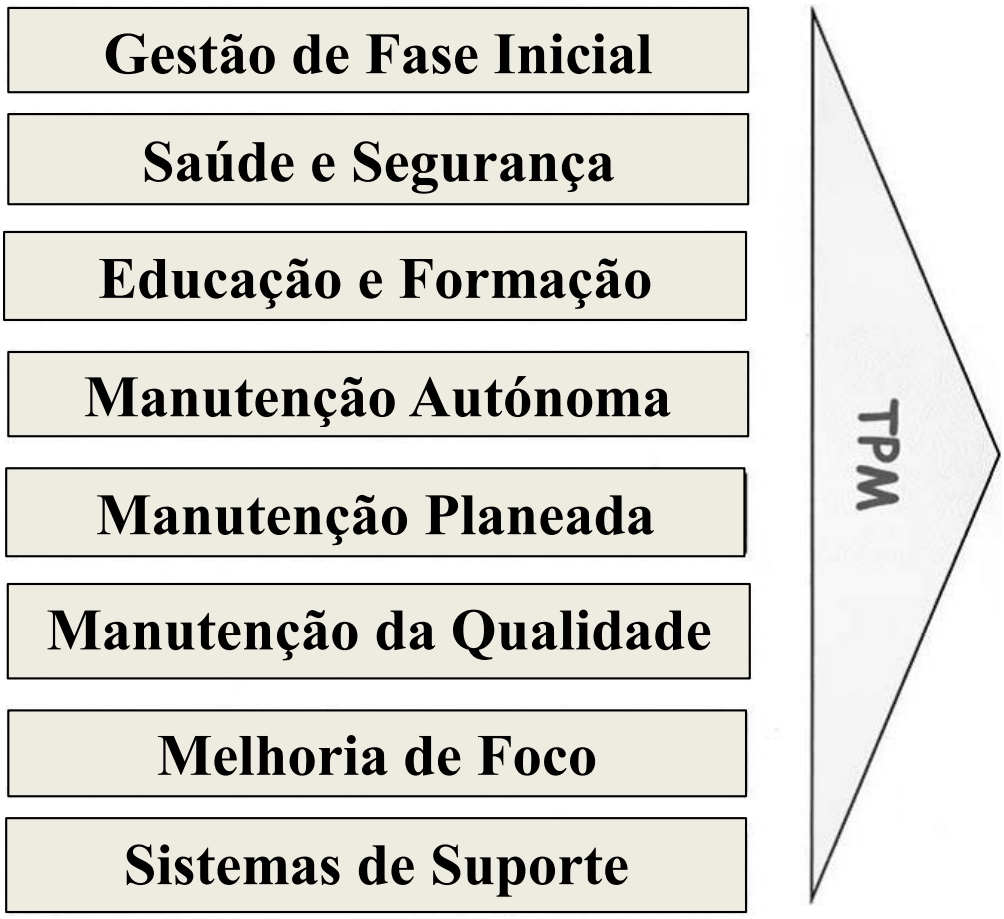

Figura 10 - Esquema da estrutura dos oito pilares que suportam a metodologia TPM. (14)

De notar que a ACC tem implementada esta metodologia, sendo que na linha de aglomeração de materiais reciclados não existe a Manutenção Autónoma. Então, este trabalho irá somente abordar esse pilar da TPM.

3.1.2. Manutenção Autónoma

Como foi refiro em 3.1.1, a manutenção autónoma é um dos oito pilares da metodologia da Manutenção Produtiva Total. É também um dos mais importantes, pois faz com que a empresa consiga eliminar desperdícios (de tempo, de esforço humano, de produto final), com simples tarefas diárias, elaboradas pelos operadores.

A manutenção autónoma tem como objetivos os seguintes pontos (13) (14):

- Habilitar os operadores com novas competências (para além das necessárias para desenvolver o seu trabalho), tornar o operador mais autónomo, mais crítico, mais responsáveis e mais conhecedor dos equipamentos em que opera.
- Eliminar defeitos e rejeições de produtos finais.
- Reduzir falhas nos equipamentos.
- Manter áreas e equipamentos limpos e acessíveis.

Para a implementação desta manutenção numa empresa, são necessários seguir 7 passos. São de seguida apresentados (16) (17):

1. Limpeza Inicial – É efetuada uma primeira limpeza a todos os equipamentos existentes na produção. Após a limpeza, verificar problemas ocultos dos equipamentos; ganhar sensibilidade ao equipamento, tentando perceber as suas necessidades; identificar fontes de sujidade, peças de desgaste, pontos críticos do equipamento.
2. Determinação e eliminação de causas de sujidade dos equipamentos – Neste passo, como é percetível pelo seu nome, terá de se determinar e eliminar as causas de sujidade do equipamento.
3. Criação de padrões de limpeza e lubrificação – Após terem sido concluídos os dois passos anteriores, é possível definir tarefas de limpeza, verificação e lubrificação, de maneira a criar com rotinas. É aqui que se inicia a formação dos operadores, portanto são delineadas todas as tarefas em concordâncias com os operadores.
4. Inspeção geral – Neste passo, o operador é formado para efetuar inspeções gerais aos equipamentos, de maneira a tentar detetar anomalias, a se ambientar e compreender os equipamentos o melhor possível.

5. Padrão de Manutenção Autónoma – Já sendo conhecidas todas as causas de sujidade, tendo já os operadores conhecido e se ambientado aos equipamentos e já definidas as tarefas padrão de limpeza, verificação e lubrificação, efetua-se agora o plano de manutenção autónoma piloto. Este tem de ser o mais direto e de fácil compreensão possível, para os operadores conseguirem fazer as tarefas de forma fácil, rápida e direta.
6. Organização da área de trabalho – Nesta fase, passamos para a área envolvente do equipamento e do operador. Até agora, a manutenção era direcionada para os equipamentos e para as suas falhas ou anomalias. Agora o plano, passa a abranger a área em redor, formando os operadores a manterem a área limpa, a melhorarem a organização de stock de produto acabado e matérias-primas, de ferramentas, de produtos defeituosos e de incentivar a uma mentalidade de melhoria contínua no processo.
7. Plano de Manutenção Autónoma – Por fim, implementa-se oficialmente o plano de manutenção autónoma, onde aqui o operador tem de ser complementa autónomo e responsável por esta manutenção. Nesta fase, é exigido ao operador folhas de registo da manutenção, de maneira a promover a sua responsabilidade. E dado já o seu conhecimento área de trabalho e dos equipamentos, o operador é incentivado a propor de novas melhorias tanto para o sistema produtivo, como para o plano de manutenção.

3.2. ESTUDO DO EFEITO DA VELOCIDADE DO MISTURADOR NO PRODUTO FINAL

A Linha de aglomeração de materiais recicláveis é um exemplo de uma linha de produção flexível. Atualmente estão em vigor, cerca de 19 referências de produção, algumas delas misturando matérias-primas com densidades muito diferentes. Dadas estas diferenças de densidades, existem produtos de certas referências que retratam exatamente isto, apresentando um efeito de "não-dispersão" ao longo do cilindro e interferindo na aparência do produto final. Sendo a aparência do produto um fator importante no mercado, efetuou-se um estudo do efeito da velocidade do misturador no produto final, de maneira a tentar perceber que impacto tem este efeito no produto e tentar assim atenua-lo ou resolve-lo.

Nos próximos subcapítulos irão ser abordados os temas essenciais para compreensão de todo o processo existente na aglomeração e do próprio estudo efetuado. Inicia-se pelo conhecimento do equipamento. De seguida aborda-se a mistura de sólidos com sólidos (numa primeira fase, são descarregados os granulados no misturador, e são misturados ainda sem a adição do poliuretano). E

por fim, aborda-se a mistura de sólidos com líquidos (no final, adiciona-se o poliuretano e aqui o interessante é tentar entender qual o seu comportamento na presença de sólidos).

3.2.1. Misturador Vertical

O misturador que se encontra na linha DS é um misturador vertical arrefecido por encamisamento, com capacidade de 0,7 m^3 e associado a ele tem um motor de potência de 75kW. Este contém 5 pás e o seu interior é revestido por aço inoxidável. O misturador possui também uma porta pneumática de descarga em estilo de concha, e um túnel que força a descarga para uma rampa, que esta conduzirá a mistura até um molde, onde formara um cilindro com a mistura e, por consequência, o produto final. Na Figura 11, é apresentado o misturador, com o motor associado e o formato da porta de descarga. Na Figura 12 retratam o túnel e a curva de 90 º que a mistura faz ao ser descarregada até ao molde.

Figura 11 – A figura ilustra o misturador utilizado no processo de fabrico de cilindros de cortiça com borracha reciclada. À direta é possível visualizar o equipamento completo. À esquerda, o formato da porta de descarga do equipamento.

Figura 12 – Esta figura ilustra a área onde se vai focar este estudo e o circuito que a mistura após sair do misturador, faz até chegar ao molde. As setas a preto, indicam o percurso que a mistura faz, enquanto que a seta a azul assinala a parede que a mistura encontra ao sair do misturador.

Quanto ao comportamento dos materiais dentro do misturador, estes assumem um movimento no sentido do fundo do misturador até ao topo, mantendo-se encostados à parede, enquanto as pás se movem. Com o aumento da velocidade das pás do misturador, mais forçado fica este movimento e mais encostados à parede do misturador se movem os materiais, ficando assim o centro do misturador liberto. Este é o movimento característico do material dentro de um misturador vertical, pois é desta forma que irá promover a que o misturador consiga uma mistura eficiente. Na Figura 13 está representado o comportamento do interior de um misturador vertical.

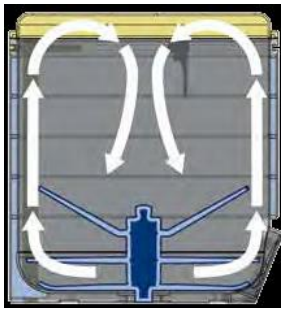

Figura 13 – Na figura está descrito o movimento dos materiais dentro de um misturador vertical com 3 pás. O movimento do material dentro do misturador que existe na linha de aglomeração de materiais recicláveis é exatamente o mesmo. (18)

3.2.2. Processo de mistura

O processo de mistura da linha DS é um processo simples em que começa com a descarga dos granulados para o misturador. Durante alguns segundos os sólidos são movimentados, antes da descarga do poliuretano, com o movimento descrito já acima efetuado pelas pás do misturador. Até esta fase, os granulados simplesmente movimentam-se separadamente dentro do misturador consoante o seu peso específico, não se misturando. Após a descarga do poliuretano no misturador, os granulados são misturadores entre si, reorganizando-se e adquirindo a sua posição até serem descarregados para o molde.

Como já foi referido em 2.4., o poliuretano tem um papel de adesivo neste processo, em que ao molhar as superfícies dos granulados e mistura-los, irá fazer com que estes se unam e permaneçam assim, até ao final do processo de moldação.

3.3. BALANCEAMENTO À AGLOMERAÇÃO DA LINHA DS

3.3.1. *Lean Manufacturing*

A filosofia *Lean Manufacturing*, é um método de gestão que tem como objetivo reduzir os desperdícios numa empresa, e assim aumentar a qualidade no trabalho, reduzir tempo no processo e custos na produção. Esta filosofia teve origem num sistema de produção desenvolvido pela *Toyota* (*Toyota Production System* – STP), quando os dirigentes da empresa japonesa, Eiiji Toyoda e Taiichi Ohno, repararam que a produção em massa na sua empresa e no seu país, não fazia sentido. Assim, decidiram adotar uma nova abordagem ao problema do desperdício, passando a produzir em pequenos lotes, reduzindo *set up's*, *stocks* e focando-se na qualidade.

A *Lean Manufacturing* baseia-se em 7 tipos de desperdícios, sendo eles (19):

- Sobreprodução – Produzir mais que o necessário é um desperdício. Isto acontece quando se produz sem um planeamento de produção existente.
- Tempos de Espera – Todos os tempos de espera, como espera por material, espera por falta de ordem de produção, espera por avaria, são desperdícios.
- Transporte – Isto refere-se ao transporte do produto. O produto quando está a ser transportado, não está a ser acrescentado valor. Como tal, o seu transporte é um desperdício.
- Excesso de processamento – Se no processo existem excesso de processos ou processos ineficientes, estes são um desperdício.
- Stock excessivo – Ter um stock grande, implica custos de espaço e armazenamento, excesso de movimentações e atraso o tempo de ciclo dos produtos.
- Desperdícios em mão-de-obra – Quando os operadores efetuam tarefas ou movimentações desnecessárias, para além de estarem a perder tempo, não estão a acrescentar valor ao produto. Assim sendo, esta situação é identificada como desperdício.
- Defeitos – Este é um desperdício que implica à empresa perdas de materiais, mão-de-obra, transportes, armazenamento e transportes. Se os defeitos passarem aos clientes, pode implicar a perda dos mesmos, perda de futuros clientes e ainda custos de reposição e/ou indeminizações.

A filosofia Lean é uma ideologia que se enquadra em qualquer área dentro de uma empresa e é facilmente adaptada e implementada na mesma e envolve todos os aspetos que estejam diretamente ligados com as operações da produção, desde o desenvolvimento do produto, a organização dos recursos humanos e a assistência após-venda, incluindo ainda os fornecedores. (20)

Os princípios base do *Lean Manufacturing* são (20):

- ***Alcançar uma produção que consiga obter uma qualidade perfeita à primeira e sem criar desperdício***, procurando sempre não ter nenhum defeito e solucionar os problemas no momento em que eles aparecem. Isto tudo, em paralelo, com a ideologia de tentar obter sempre produtividade com trabalho de equipa e o envolvimento dos operadores.

- ***Minimizar o máximo de desperdícios***, através da eficiente utilização de todos os recursos existentes na empresa (desde a recursos humanos, como capitais e até mesmo de espaço), eliminando assim todas as tarefas que não acrescentam valor à empresa.

- Tentar uma ***melhoria contínua*** nos processos produtivos com o objetivo de redução de custos, aumento da qualidade, aumento da produtividade e redução dos ciclos de produção e do *time-to-market*, aplicando processos de mudança dinâmicos e trabalhando em conjunto com o desenvolvimento do produto.

- Sem evitar redução da eficiência na produção, tentar uma ***flexibilidade*** na produção, aumentando assim a diversidade de produtos.

- Tentar ter um ***relacionamento longo com os fornecedores***, de maneira a partilhar riscos, custos e informação

Com isto, pode-se definir a filosofia *Lean* como sendo um processo de redução de desperdício, que prima em ter as coisas certas, no lugar certo e no momento exato.

Por fim, pode-se resumir a filosofia Lean Manufacturing pelos 12 princípios Womack e Jones (21), sendo eles:

1. Identificar e otimizar o fluxo da empresa
2. Assegurar constantemente o fluxo de informação
3. Otimizar a capacidade e a utilização das pessoas
4. Tomar decisões ao mais baixo nível possível
5. Implementar de uma forma integrada o desenvolvimento do produto e processo

6. Desenvolver relações baseadas no empenhamento e na confiança mútua
7. Focar permanentemente no cliente
8. Promover a liderança Lean a todos os níveis
9. Manter a exigência nos processos existentes
10. Cultivar um ambiente propício a aprender
11. Garantir a capacidade e o desenvolvimento do processo
12. Maximizar a estabilidade num contexto de mudança

3.3.2. Balanceamento a uma linha de Produção

O objetivo de balancear uma linha de produção é distribuir tarefas ou equipamentos por operadores segundo a sequência de produção que tem de ser feita, eliminando o máximo de tempo inativo nos operadores e *stocks* intermédios e assim proteger a linha de flutuações do mercado e ainda diminuir os esforços físicos dos operadores. (22)

O balanceamento de uma linha de produção baseia-se em organizar a linha de maneira a agrupar um dado número de tarefas por posto de trabalho, sendo este posto de trabalho equivalente a um operador, de maneira a respeitar dadas exigências de metas de produção e assim a maximizar a eficiência da linha. (20)

Para a implementação desta ideia, terá de se inicialmente estudar e mapear todas as tarefas existentes em que os operadores interferem e desde o primeiro momento em que se inicia a produção até à saída do produto final. Após isto, é possível iniciar-se a elaboração do balanceamento.

O primeiro passo é definir qual o tempo de ciclo (C). O tempo de ciclo, é o tempo necessário para se fazer uma peça e/ou um produto final, desde a primeira até a ultima tarefa. Este nunca pode ser inferior à tarefa de maior duração. O tempo de ciclo determina a taxa de saída do produto que se processa na linha, e é calculado da seguinte forma (22):

$$C = \frac{duração\ do\ trabalho\ diário}{Output\ diário} \tag{1}$$

O balanceamento da linha tem como objetivo eliminar o desperdício de tempo, tarefas e movimentos/esforço dos operadores. De maneira a prevenir que a empresa não irá produzir mais do que o que precisa, o output diário terá de ser definido consoante a procura que o mercado tempo sobre o produto que é produzido na linha. Então aqui entra o conceito de *takt-time*. O *takt-time* é o tempo de produção de uma unidade, tendo como base a procura do mercado. Se o output diário for igual à procura, então o tempo de ciclo é igual ao *takt-time*. (22)

Tendo o tempo de ciclo, é já possível ter um número mínimo teórico de postos de trabalho (N_{min}). O N_{min} é o número mínimo inteiro de postos de trabalho que a linha precisa para ser implementada e para efetuar todas as tarefas existentes na mesma. Assim sendo, o número mínimo teórico de postos de trabalho é dado por (22):

$$N_{min} = \frac{\sum t}{C} \tag{2}$$

em que $\sum t$ é o *lead time*, ou seja, o somatório de todos os tempos das tarefas desde o início até ao final do ciclo de produção de uma unidade.

O passo seguinte é escolher uma regra heurística de agrupamento de tarefas, que melhor agrupe as mesmas por entre os postos de trabalho. Existem várias regras heurísticas que nos ajudam a fazer esse agrupamento de uma forma sequenciada e lógica. As regras heurísticas são (22):

1. Maior peso posicional (RPW, onde se organiza as tarefas pelo seu peso posicional em relação à sequencia de produção que estão incluídas. O peso posicional de uma tarefa é calculado pela soma do seu tempo com o somatório dos tempos das tarefas que são suas sucessoras. No final, a lista de tarefas é organizada da tarefa com maior valor de peso posicional até à tarefa com menor peso posicional);
2. Maior tempo de processamento (as tarefas nesta regra heurística são organizadas do maior tempo de processamento até ao menor);
3. Maior número de tarefas sucessoras (é analisada a tarefa consoante o número de tarefas que são sucessoras a ela. Por esta regra, as tarefas são organizadas pelo maior número de sucessões);
4. Menor tempo de processamento (a organização das tarefas é feita pelo inverso da regra heurística 2.);
5. Menor número de tarefas sucessoras (aqui a organização de tarefas é feita pelo menor número de tarefas sucessoras);

Para cada regra heurística utilizada, é obtida uma solução. No caso da utilização de várias regras heurísticas, são obtidas várias soluções e assim sendo, é necessário a existência de ferramentas que torne possível a seleção da melhor solução obtida. Para este efeito, o cálculo da eficiência (E) e do tempo inativo (D) da linha serão ferramentas que irão ajudar na altura da escolha da melhor solução.

A eficiência da linha pode ser calculada da seguinte forma (20):

$$E = \frac{\sum t}{N \times C} \times 100 \tag{3}$$

em que N é o número de postos de trabalho, consoante a regra heurística utilizada.

Quanto ao tempo de inatividade, pode ser calculado da seguinte forma (22):

$$D = \frac{tempo\ inativo\ por\ ciclo}{N \times C} \times 100 \tag{4}$$

Após a elaboração destes passos todos, é selecionada a solução que apresentar menor percentagem de tempo inativo e maior eficiência.

Resumindo, o procedimento do balanceamento de uma linha de produção é o seguinte (20):

- Determinação da sequência de tarefas e definição dos seus tempos;

- Determinação do tempo de ciclo (C) da linha de produção;

- Determinação do número mínimo teórico de postos de trabalho (N_{min}) necessário para satisfazer um tempo de ciclo;

- Selecionar uma regra heurística de agrupamento de tarefas por postos de trabalhos;

- Atribuição de tarefas ao posto de trabalho, levando a sequência de tarefas que foi dada pela regra heurística a ser utilizada, até que a soma de todas as tarefas agregadas a esse posto de trabalho seja igual ao tempo de ciclo, não podendo ultrapassa-lo. Repetir este processo até deixar de existir tarefas;

- Calcular eficiência e tempo de inatividade;

- Avaliar eficiência e tempo de inatividade;

- Se o agrupamento de tarefas não for realista ou se a eficiência não for satisfatória, tentar outra regra heurística;

Por fim, e de maneira a quantificar a eficiência que poderá ser atingida com a aplicação de um balanceamento a uma linha de produção, pode-se eventualmente, calcular uma relação balanceamento-custos. Esta relação poderá ser uma ferramenta de apoio à eficiência da linha, na hora da decisão da melhor solução a implementar na linha. O custo de mão-de-obra de fabricação de um produto é dado pela seguinte equação:

$$\frac{CustoMOD}{unidade} = \frac{N \times custo\ da\ mão - de - obra}{output\ diário} \tag{5}$$

É de notar que com o aumento da eficiência, diminuiu o custo de mão-de-obra na produção de uma unidade. Esta relação poderá ser importante na hora de tomar decisões, podendo dar uma perspetiva de viabilidade ou não da alteração a fazer à linha de produção.

4. OPTIMIZAÇÃO DA LINHA DS

4.1. PROBLEMAS ENCONTRADOS

Foram vários os problemas encontrados na linha DS quando foi iniciado o projeto de tese empresarial na Amorim Cork Composites. Rapidamente foram identificados problemas na rejeição de produto final e no aspeto do mesmo (visto que existiam muitos cilindros com defeito a serem produzidos e o aspeto do cilindro tinha sofrido alterações ao que antes já tinha sido produzido na ACC em Corroios), problemas de organização (a linha não tinha áreas restritas para todo o material que entrava na linha nem muito menos áreas de acumulação de stock) e problemas de arrumação e limpeza da área/zona de trabalho (não existia um plano de manutenção autónomo da linha, nem estavam criadas rotinas de limpeza e organização da zona de trabalho). Após a identificação destes problemas, o projeto de tese empresarial apoiou-se em arranjar soluções para otimizar a linha a este nível. São agora apresentadas as intervenções que foram feitas de maneira a melhorar o funcionamento da linha.

4.2. PLANO DE MANUTENÇÃO AUTÓNOMA E PREVENTIVA

4.2.1. Linha DS sem Manutenção Autónoma

Foi elaborado um plano de manutenção autónoma e reajustado um plano de manutenção preventivo à linha DS de maneira a torna-la mais eficiente, limpa e organizada. Visto que existe já equipas de manutenção na empresa organizadas de maneira a assegurar a manutenção preventiva dos equipamentos, o trabalho feito a nível desta manutenção foi reajustar o plano existente para a linha. Quanto ao plano de manutenção autónoma, aqui houve um trabalho quase de raiz, de maneira a ter um plano de manutenção mais eficiente, prático e organizado possível.

Inicialmente, os problemas com a falta de manutenção autónoma à linha na parte da aglomeração eram bem visíveis e frequentes no dia-a-dia. Desde a falta de organização, à falta de limpeza e à falta de arrumação, a linha tinha condições de trabalho limitadas devido a estas situações. Na Figura 14 e na Figura 15, apresentam-se alguns exemplos dos problemas mencionados anteriormente.

Figura 14 – Figuras que retratam a falta de um plano de manutenção autónoma na linha DS. Â esquerda, são visíveis paletes e *bigbags* colocados em frente de tremonhas a serem utilizadas, como o próprio chão se encontra sujo. À direita, para além do chão da avenida da linha estar sujo, existe uma palete em mão estado no meio da avenida.

Figura 15 – À esquerda é apresentada a fossa da zona de moldagem. Esta era a imagem frequente da fossa antes do plano de manutenção autónoma. Á direita é possível visualizar uma área de passagem dos operados, obstruída com sacos com desperdícios e um *bigbag* que contém material que foi purgado de uma balança. De nota-se aqui a falta de organização de uma área de trabalho.

Estes tipos de falhas refletiam-se em dificuldades em efetuar tarefas, tais como colocação de material na tremonha (exemplo da Figura 14, onde verificamos paletes e *bigbags* em frente à zona de colocação de material na tremonha), colocação de cilindros na área do produto final, também em falta de condições de trabalho (zonas de trabalho estavam sempre sujas e desarrumadas) e ainda, sendo o mais preocupante, traduzia-se em rejeições (particularmente com a falta de manutenção na porta do misturador, onde quando não se fazia regularmente limpeza, acumulava material na zona onde a porta veda, provocando folgas na mesma. Isto proporciona a que o granulado que não fosse misturado com a cola, passasse pelas folgas e caísse no molde, sobre a mistura já prensada. Toda esta situação, iria fazer com que o cilindro no final do processo apareça rachado e por consequência, fosse rejeitado. Para além de mais, a porta do misturador leva um vedante de um compósito de cortiça-borracha que estava a ser mudado em média de 2 em 2 dias, provocando paragens na produção. Estas situações são retratadas na Figura 16 e na Figura 17 está um exemplo de rejeição quando caí material seco.)

Figura 16 – Figuras ilustrativas do problema de acumulação de material na porta do misturador. À esquerda, é visível o estando que fica a porta do misturador após trabalhar vários dias sem manutenção. À direita, apresenta-se o problema acima referido. Como é visível, o material vai acumulando e curando junto do vedante que a porta do misturador leva, abrindo folgas na porta, promovendo a fuga de material para o molde.

Figura 17 – Nesta figura apresenta-se um cilindro rejeitado, por ter caído granulado sem cola no molde. Muitas rejeições deste género foram aparecendo, muito devido ao problema da porta do misturador.

Posto isto, foram levantadas as áreas críticas da linha onde a falta de manutenção era visível e necessária. Feito este estudo, as áreas às quais foram criadas um plano de manutenção autónoma são: Área do Misturador; Área das Tremonhas; Área de Desmoldagem; Área de Aglomeração; Área da Cola; Área de Trabalho

De notar que dado ao facto de a linha DS ser muito compacta e de área total reduzida, optou-se por criar um plano de manutenção a áreas e não a equipamentos/local. Isto para tornar o plano o mais direto e simples possível e também para evitar com que o operador tivesse de ler demasiada informação e associado a isto, foram afixadas em cada área a lista de tarefas que os operados têm de cumprir, evitando deslocações desnecessárias e tornando mais eficiente a aplicação do mesmo. De seguida descreve-se as áreas acima enunciadas, e apresenta-se os planos de manutenção a elas aplicado.

4.2.2. Descrição das áreas críticas da linha DS

Neste subcapítulo irá se descrever as áreas onde atua o plano de manutenção autónomo da linha DS e apresentar o plano a essa área elaborado. O plano é organizado entre os turnos de maneira rotativa, onde cada turno tem de cumprir com o que está no plano semanalmente e mensalmente. As atividades diárias cabe a cada turno cumprir no seu horário de laboração.

- Área do Misturador

Esta área engloba uma manutenção ao equipamento, neste caso o misturador, e a toda a área envolvente. Sendo este o equipamento mais importante em todo o processo, é necessário que o plano seja direcionado para evitar situações de possíveis contaminações e descarga de matéria-prima seca (sem resina misturada) no molde. Na Figura 18, está retratada a área do misturador.

Figura 18 – Área do misturador, na linha DS

Juntando a isto tudo, a ideia de manter toda a zona à volta do misturador limpa, desenvolveu-se o seguinte plano:

Tabela 1 – Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma à área do misturador.

AMORIM

Plano Manutenção Autónoma - Linha DS
Misturador

Amorim Cork Composites

Tipo de Tarefa	Execução	Item	Acção	Órgão	Descrição	Ferramenta	Frequência
Diária	Todos os Turnos	1		Motor do misturador	Verificação de ruídos no motor.		Final de cada turno;
		2		Porta do misturador	Limpar porta do misturador e verificar vedante.	Ar Comprimido;	Início de cada turno;
Semanal	Turno Responsável	3		Zona envolvente	Limpeza da zona envolvente ao misturador.	Vassoura; Pá do lixo;	Todas as semanas;
		4		Vedante	Verificação do estado do vendante.		Todas as semanas;
		5		Pás do Misturador (reserva)	Limpeza das pás do misturador que se encontram de reserva.	Rebarbadeira; Raspador;	Todas as semanas;
		6		Piso das Balanças	Limpeza ao piso das Balanças.	Vassoura; Pá do lixo;	Todas as semanas;
Específica	Turno Responsável	7		Misturador	Limpeza ao misturador.	Raspador; Ar Comprimido; Serra eléctrica;	Sempre que se mudar de referência;

- Área das Tremonhas

Esta área é particularmente suja e desarrumada visto que é uma entrada secundária de matéria-prima para o processo. Como tal, o transporte de matéria-prima vindo de empresas externas é feito por *bigbags* e estes vêm suportados em paletes. Antes da existência do plano, após a utilização dos *bigbags*, a desarrumação existia pois não havia rotinas e destino para estes dois materiais e a fossa das tremonhas permanecia suja.

Posto isto, a manutenção autónoma aqui atua precisamente para melhorar estes dois aspetos e tornar mais fácil a realização de tarefas nesta área, na colocação de *bigbags* à frente da tremonha e na posterior alimentação do processo de matéria-prima vinda de empresas externas. Na Figura 19, temos a área das tremonhas.

Figura 19 – A figura ilustra a área das tremonhas. À direita está retratada a situação mais frequente de falta de manutenção na fossa da área das tremonhas. Piso da fossa sujo devido a granulado ter transbordado da tolva da tremonha.

Para este panorama, foi proposto o seguinte plano de manutenção autónoma.

Tabela 2 - Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma na área das tremonhas.

AMORIM

Plano Manutenção Autónoma - Linha DS
Área das Tremonhas

Amorim Cork Composites

Tipo de Tarefa	Execução	Item	Acção	Órgão	Descrição	Ferramenta	Frequência
Diária	Todos os Turnos	1		*Bigbags* de material utilizados	Após a utilização do *bigbag* , dobra-lo e coloca-lo na palete correspondente. Fazer pilhas de 20 a 30 *bigbags* e cinta-los. Colocar folha com número de bigbgas correspondente, tipo de material e empresa externa.	Máquina de cintar;	Após a utilização do *bigbag* ;
		2		Paletes de *Bigbags*	Organizar paletes por propriatário no seu devido lugar.		Sempre que seja possível a tarefa;
Semanal	Turno Responsável	3		Zona envolvente	Limpeza à zona envolvente das tremonhas.	Vassoura; Pá do lixo;	Todas as semanas;
		4		Fossa das Tremonhas	Limpeza à fossa das tremonhas.	Vassoura; Pá do lixo;	Todas as semanas;

- Área de Desmoldagem

Sendo esta uma área também muito propícia a estar suja e uma das áreas que mais trabalho dá a limpar, é estruturado um plano de manutenção que abranja esta área. Na Figura 20 vemos a área da desmoldagem.

Figura 20 – Na figura da esquerda está apresentada a fossa da desmoldagem, enquanto que na figura da direita, é visivel toda a área da desmoldagem.

É apresentado na Tabela 3, o plano elaborado para esta área:

Tabela 3 - Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma na área da desmoldagem.

AMORIM

Plano Manutenção Autónoma - Linha DS
Área da Desmoldagem

Amorim Cork Composites

Tipo de Tarefa	Execução	Item	Acção	Órgão	Descrição	Ferramenta	Frequência
Diária	Todos os Turnos	1		Área envolvente	Limpar área envolvente da zona de desmoldagem.	Ar comprimido; Vassoura; Pá do Lixo;	Final de cada turno;
Semanal	Turno responsável	2		Fossa da desmoldagem	Limpar fossa da desmoldagem.	Pá do Lixo; Vassoura;	Todas as semanas;
		3		Tubagens e mangueiras hidráulicas	Verificação de fugas de óleo		Todas as semanas;
		4		Garras dos diferencias	Verificação das garras dos diferenciais.		Todas as semanas;
		5		Tapete rolante	Limpeza do tapete rolante.	Ar comprimido; Vassoura; Pá do Lixo;	Todas as semanas;

- Área de Aglomeração

Em conjunto com a área do misturador, a área da aglomeração é a mais importante quando nos referimos à qualidade do produto final, portanto, várias tarefas do plano de manutenção visam a reduzir ao mínimo possíveis rejeições futuras no produto. Associado a isto, foram desenvolvidas ações que promovem com que a área permaneça limpa e organizada. Na Figura 21, temos a área da aglomeração.

Figura 21 – Figura que mostra a área de aglomeração da linha DS.

O plano desenvolvido para esta área é apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 - Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma na área da aglomeração.

AMORIM

Plano Manutenção Autónoma - Linha DS
Área da Aglomeração

Amorim Cork Composites

Tipo de Tarefa	Execução	Item	Acção	Órgão	Descrição	Ferramenta	Frequência
Diária	Todos os Turnos	1		Prensa	Limpar parte superior da prensa.	Ar comprimido;	Final de cada turno;
		2		Zona envolvente	Limpeza à zona envolvente da aglomeração.	Ar comprimido; Vassoura; Pá do Lixo;	Final de cada turno;
		3		Funil	Limpar paredes do funil.	Ar comprimido;	Final de cada turno;
Semanal	Turno responsável	4		Fossa da aglomeração	Limpar fossa da aglomeração.	Pá do Lixo; Vassoura; Ar comprimido;	Todas as semanas;
		5		Prensa	Limpar parte de prensagem.	Raspador; Rebarbadeira;	Todas as semanas;
		6		Central Hidráulica	Verificação de níveis e fugas de óleo da centra hidráulica.		Todas as semanas;
		7		Rampa de descarga	Retirar e limpar rampa de descarga.	Raspador; Rebarbadeira;	Todas as semanas;
Trimenstral	Turno Responsável	8		Carrinhos de transporte de moldes	Lubrificação dos rolamentos dos carrinhos, em pontos de lubrificação.	Massa consistente;	Uma vez de 3 em 3 meses;

- Área da Cola

Esta é uma das áreas mais críticas de toda a linha. Olhando que são frequentes purgas de cola e que com isso aumenta a possibilidade de verter cola no piso, torna-se a manutenção autónoma essencial para deixar esta zona limpa e acessível. Desde cola ressequida no piso, a encaixes das pontas das tubagens ressequidos de cola, são situações que tiveram de ser analisadas e incluídas no plano de manutenção. Pode-se visualizar a área da cola na Figura 22.

Figura 22 – Nesta figura é apresentada a área referente ao armazenamento e utilização da cola no processo.

O plano de manutenção elaborado para esta área é o seguinte:

Tabela 5 - Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma na área da Cola.

AMORIM

Plano Manutenção Autónoma - Linha DS
Área da Cola

Amorim Cork Composites

Tipo de Tarefa	Execução	Item	Acção	Órgão	Descrição	Ferramenta	Frequência
Diária	Todos os Turnos	1		Bidão da cola	Verificar ao final de cada turno se existe cola suficiente para o arranque do próximo turno.		No final de cada turno;
		2		Purga da Cola	A cada purga da cola efectuada, verter a cola novamente para o reservatório a ser utilizado.		A cada purga efectuada;
Semanal	Turno Responsável	3		Área envolvente da zona da cola	Limpeza ao chão da zona de cola e mudança das respectivas placas.	Vassoura; Pá do lixo;	Todas as semanas;
		4		Tubagens de transporte de cola para o misturador	Verificar tubagens de descarga da cola no misturador, se é necessário a sua troca.		Todas as semanas;
		5		Roscas da tuagem de engate no bidão	Limpeza às roscas de engate nas tubagem de bombagem de cola.	Raspador; *Safety Kleen*;	Todas as semanas;
Mensal	Turno Responsável	6		Tubagens de bombagem de cola	Limpeza das tubagens de bombagem de cola com sistema de limpeza existente na zona de cola;		Todos os meses;

- Área de Trabalho

A área de trabalho, refere-se à restante área envolvente que os operadores que se encontram na aglomeração operam. Entende-se aqui como as áreas envolventes das estufas (e as próprias estufas), as linhas de estabilização e as zonas dos transportes.

Na Figura 23, na Figura 24 e na Figura 25 apresentam-se os espaços que percente à área de trabalho, em cima definida.

Figura 23 – Esta figura apresenta a área de estabilização dos moldes e a zona em volta das estufas.

Figura 24 – Nesta figura apresenta-se as fossas dos transbordadores da linha DS. Á esquerda, tem-se o transbordador da zona frontal das estudas, e à direita tem-se o transbordador da zona traseira as estufas.

Figura 25 – Nesta figura apresenta-se a linha de reserva de moldes vazios da linha DS.

Para esta área, foi efetuado o seguinte plano de manutenção, apresentado na Tabela 6:

Tabela 6 - Tabela de tarefas para a execução do plano de manutenção autónoma na área de Trabalho.

AMORIM

Plano Manutenção Autónoma - Linha DS
Área de Trabalho

Amorim Cork

Tipo de Tarefa	Execução	Item	Acção	Órgão	Descrição	Ferramenta	Frequência
Diária	Todos os Turnos	1		Fossas dos transbordadores	Limpeza às fossas dos transbordadores (da frente e da de trás das estufas).	Vassoura; Pá do lixo;	Final de cada turno;
Semanal	Turno Responsável	2		Carris das linhas de estabilização	Limpeza aos carris das linhas de estabilização de cilindros.	Vassoura; Pá do lixo; Ar comprimido;	Todas as semanas;
		3		Zonas envolventes das estufas	Limpeza das zonas em volta das estufas.	Vassoura; Pá do Lixo; Ar comprimido;	Todas as semanas;
		4		Linha de reserva de moldes	Limpeza da linha de reserva de moldes.	Vassoura; Pá do lixo; Ar comprimido;	Todas as semanas;
Mensal	Turno Responsável	5		Estufas	Limpeza do interior das estufas.	Vassoura; Pá do lixo; Ar comprimido;	Uma vez por mês, no início da semana ou sempre que possível;

O registo de todas as tarefas referentes ao plano de manutenção autónoma de cada área será feito na folha de registo geral existente já na empresa. Na Tabela 7 encontra-se a folha de registo:

Tabela 7 – Tabela de registo da manutenção autónoma. Aqui os operadores terão de fazer o registo após terem concluído todas as tarefas referentes à área que aplicaram o plano. Ao registar, o operador terá de ter em atenção a semana em que está, assinalar a ação em que estavam englobadas as tarefas que foram executadas e no final, registar a data e a sua assinatura.

AMORIM

Registo de Manutenção Autónoma 2015

Amorim Cork Composites

Equipamento:

	Semana	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10			11			12			13		
		SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP	SEM	MEN	ESP
1.º Turno	Acção																																						
	Data																																						
	Ass																																						
2.º Turno	Acção																																						
	Data																																						
	Ass																																						
3.º Turno	Acção																																						
	Data																																						
	Ass																																						

	Semana	14			15			16			17			18			19			20			21			22			23			24			25			26		
1.º Turno	Acção																																						
	Data																																						
	Ass																																						
2.º Turno	Acção																																						
	Data																																						
	Ass																																						
3.º Turno	Acção																																						
	Data																																						
	Ass																																						

Observações:

SEM - Manutenção Autónoma Semanal

MEN - Manutenção Autónoma Mensal

ESP - Manutenção Autónoma Específica

doc - ACC.397.1

Página 1/2

4.2.3. Linha DS com Manutenção Autónoma

- *Implementação do Plano*

Para efetuar a implementação do plano de manutenção autónoma acima apresentado, houve inicialmente uma formação dos operadores sobre o plano, por parte das chefias. Foi este plano agregado ao quadro de equipa existente na linha de maneira a tornar-se público e visível a qualquer operador.

- *Resultados da implementação*

Este projeto foi aplicado durante o mês de Abril, em piloto, na linha DS. Com apenas um mês de aplicação, os resultados foram visíveis de imediato, sendo mais frequente uma visão de linha organizada, limpa e trabalhável. Foi também notável a diminuição de rejeições após a aplicação deste projeto, em parceria com outras otimizações importantes feitas à linha com o objetivo em reduzir rejeições, já estas implementadas pelo gabinete de projeto da empresa. Quanto a dados práticos, antes do mês de abril as rejeições de cilindros por parte do gabinete da qualidade da empresa era de 9,84%. Após a implementação do plano, foi reduzida para 4,52%. É notável também uma maior preocupação por parte dos operadores em tornar a linha melhor, mais limpa e organizada e preocupados também em elaborar este plano semanalmente. Tendo já se obtido resultados visíveis após esta implementação, apresentam-se na Figura 26 e na Figura 27 o "após" a implementação do plano de manutenção autónoma à linha DS que retratam isso mesmo.

Figura 26 – Figura ilustra a área das tremonhas, a avenida de toda a linha e área de produto final, no início da terceira semana do mês piloto que foi aplicado o plano de manutenção autónoma. A linha aparenta estar muito mais organizada e limpa.

Figura 27 – Nesta figura, é apresentada a fossa das tremonhas e a área das tremonhas em pormenor, onde esta se encontra limpa e organizada. De notar que nestas figuras, iniciava-se a terceira semana do mês piloto em que se iniciou a aplicação do plano de manutenção autónoma.

Após o mês em estes resultados visíveis e apresentando-os às chefias da equipa de manutenção, o plano de manutenção autónoma foi aprovado e implementado oficialmente na linha DS.

4.2.4. Plano de Manutenção Preventivo

Dado já a existência de um plano de manutenção preventiva na empresa, o acordado em reunião com a equipa de manutenção foi ajustar o plano existente à linha DS. O trabalho aqui desenvolvido foi obter toda a informação existente sobre as listas operacionais de cada equipamento do plano de manutenção da empresa, estuda-las, analisa-las e perceber onde se enquadram com a realidade da linha DS e acrescentar novas listas ao plano de manutenção preventiva caso elas não existam.

No plano já existente, a equipa de manutenção optou por organizar todos os equipamentos existentes na empresa por família de equipamentos, de maneira a tornar mais pratica e eficaz a implementação do mesmo a um dado equipamento, Numa primeira fase, o que se efetuou foi incluir os equipamentos existentes na linha DS com as listas operacionais de equipamento já existente, verificando se todas as ações se enquadram com o equipamento da linha. Caso falte-se alguma tarefa, incluir nessa mesma lista a tarefa que falte e caso não exista uma lista apropriada para o equipamento, cria-la.

Após a elaboração destas tarefas, o próximo passo foi reunir com a chefia da equipa de manutenção de maneira a dar seguimento à implementação oficial do mesmo.

4.3. ESTUDO DO EFEITO DA VELOCIDADE DO MISTURADOR NO PRODUTO FINAL

Em algumas referências de produção, é notória uma acumulação da matéria-prima com densidade mais elevada em certas zonas dos cilindros (situação visualizada na Figura 28), o que provoca com que o efeito visual do cilindro não tenha uma dispersão uniforme e que dê a sensação de não homogeneização da mistura. Este problema não era verificado quando a produção de cilindros de materiais recicláveis era executada na Amorim Cork Composites de Corroios. As diferenças que foram verificadas após a deslocalização da linha de produção foram a mudança do tipo de misturador (passou-se de um *ribbon mixer*, para um misturador vertical) e ainda a maneira de descarga da mistura para o molde. Assim sendo, detetou-se que o problema das alterações efetuadas pode estar a surtir efeito no aspeto visual do produto final. Visto que a instalação do misturador foi dimensionada com base da informação técnica do fornecedor e assumindo que o misturador trabalha de forma correta, verifica-se que o problema pode estar na forma como a mistura é descarregada para o molde. De maneira a tentar eliminar este problema, decidiu-se efetuar ensaios industriais alterando a velocidade do misturador na altura de descarga, para que a mistura ao sair do misturador não seja projetada contra a parede do circuito de descarga associado e que a mistura ao cair no molde, mantenha a disposição que adquiriu dentro do misturador, e que não haja estratificação das matérias-primas mais densas em certas zonas do cilindro.

De notar que as referências que têm mais vulnerabilidade a este tipo de problemas são as referências que na sua composição têm matérias-primas com gamas de densidades muito diferentes, daí que o ensaio industrial ter os contornes que foram referidos acima.

Figura 28 – A figura apresenta vários exemplos de cilindros com problemas no seu aspeto. As setas a preto indicam as zonas onde é possível observar acumulações de um certo material nas zonas assinaladas.

4.3.1. Ensaio industrial

O misturador no processo é controlado de forma automática, onde o operador numa consola segue o processo e verifica se este está a correr dentro do previsto. A velocidade a que as pás do misturador operam, são alteradas numa plataforma informática que a empresa tem, em que o encarregado do processo faz as alterações e essa informação será posteriormente guardada na consola de controlo do processo. Assim sendo, o ensaio resumiu-se a modificar as velocidades que podem ser incrementadas ao processo, sendo elas: a velocidade das pás durante a mistura, a velocidades das pás na descarga e a velocidade das pás em *stand-by*. A velocidade das pás durante a mistura, refere-se ao momento em que descarrega os materiais dentro do misturador e inicia-se a contagem do tempo de mistura, até este se finalizar. A velocidade das pás na descarga refere-se à velocidade das pás entre o momento em que a porta de descarga se abre até o tempo de descarga da mistura acabar. E a velocidade das pás em *stand-by* é a velocidade a que as pás do misturador estão a movimentar-se entre os dois momentos antes referidos, ou seja, entre a velocidade das pás durante a mistura e a velocidade na descarga da mistura.

De seguida, definiu-se em paralelo com a chefia da área de laminagem e acabamentos dos cilindros da linha DS e com o departamento da qualidade, as referências de produção que mais problemas dão à empresa a nível de rejeições por parte do aspeto visual, que são eles rejeitados pelo cliente. Foram levantadas três referências críticas, sendo elas o 5057, 5015 e 5085, que foram então objeto de estudo neste ensaio industrial. Na Tabela 8, apresentam-se as densidades, granulometria e viscosidades dos materiais que cada referência de produção leva. Também é apresentada a proporção que leva de cada material.

Tabela 8 – Tabela de dados de densidade, granulometria e a sua proporção de cada matéria-prima utilizada em cada referência de produção.

	5015				**5057**				**5085**		
Material	**A**	**B**	**C**	**D***	**A**	**B**	**C***	**D***	**A**	**B**	**C***
Densidade (kg/m^3)	70	250	400	1040	70	400	1040	1000	70	60	1040
Granulometria (mm)	[0,5-1]	2,54	0,5	-	[0,5-1]	0,5	-	-	[0,5-1]	[0-4]	-
Proporção	1/6	3/7	2/7	1/10	1/6	5/7	1/8	4/459	1/4	3/5	1/7

O passo seguinte foi registar quais as velocidades que eram utilizadas para a produção destas referências anteriormente ao ensaio. Sabendo esta informação, passou-se para o ajuste das velocidades consoante a realidade de cada referência, tendo como critério reduzir a velocidade de descarga e de *stand-by* o máximo possível. O misturador foi dimensionado para trabalhar a um mínimo de 200 RPM e um máximo de 1000 RPM, e as velocidades foram também revistas consoante esta limitação. Na Tabela 9, são apresentadas as velocidades das pás aplicadas antes do ensaio industrial e as que foram utilizadas para a execução do mesmo, alusiva a cada referência.

Tabela 9 – Tabela representativa das velocidades de mistura utilizadas normalmente na produção e as que foram otimizadas.

	Velocidades do misturador utilizado			Velocidades do misturador Otimizadas		
	5015	**5057**	**5085**	**5015**	**5057**	**5085**
Velocidade do misturador durante a mistura (RPM)	500	500	400	400	400	400
Velocidade do misturador na descarga (RPM)	400	400	300	300	300	250
Velocidade do misturador em *stand-by* (RPM)	400	400	300	200	200	200

Reunidos todos os dados necessários, em paralelo com a chefia da linha de aglomeração de materiais recicláveis, efetuou-se o ensaio industrial para cada uma das referências.

De notar que para garantir os melhores resultados possíveis, antes de cada ensaio, o misturador foi limpo e tentou-se reunir as melhores condições possíveis para a execução do ensaio. De seguida serão apresentados os resultados, bem como as conclusões a retirar dos ensaios.

4.3.2. Resultados

Como foi referido acima, os ensaios foram efetuados nas referências 5057, 5015 e 5085 e são apresentados os resultados do aspeto dos cilindros nas figuras seguintes:

Figura 29 – São apresentados nas figuras os cilindros da referência 5057 que resultaram do ensaio e outros cilindros que foram produzidos utilizando as velocidades standard já existentes na linha. As setas indicam as zonas onde é comum existir acumulação de materiais nos cilindros. As setas pretas, referem-se às zonas nos cilindros do ensaio efetuado, e as azuis às dos cilindros produzidos com as velocidades standard.

Figura 30 – É apresentado na figura, os cilindros da referência 5015 efetuados no ensaio e antes do ensaio. Na figura da esquerda e do meio apresenta-se o cilindro experiência, com setas pretas a assinalar as zonas do cilindro onde é propício aparecer o problema já aqui retratado. Do lado direto, apresenta-se um cilindro produzido antes do ensaio, com as velocidades anteriormente utilizadas.

Figura 31 – Por fim, a figura apresenta o cilindro do ensaio com a referência de produção 5085, e um cilindro produzido antes do ensaio. A figura da esquerda e do centro, retratam o cilindro ensaio, onde é também identificado com as setas a preto as zonas do cilindro onde é "normal" o aparecimento de estratificação da borracha. Na figura do lado direito, apresenta-se o cilindro produzido sem as velocidades do ensaio, onde é igualmente identificado com setas, mas agora azuis, as zonas do cilindro onde é propício acontecer a estratificação.

Apesar de um modo geral, com o ensaio ter havido melhorias no aspeto dos cilindros das referências mais críticas, não foi possível conseguir chegar a um aspeto totalmente homogéneo ao longo de todo o cilindro. Na Figura 29, é apresentado o ensaio efetuado para a referência 5057. Em comparação com os cilindros produzidos antes do dia do ensaio, ou seja, com a utilização de velocidades mais altas ao descarregar o material para o molde, é notória rapidamente uma melhoria. Se houver uma análise mais detalhada é possível verificar, nas zonas para onde as setas pretas assinalam, que ainda existem zonas "claras" no cilindro, que indicam a existência de pouca borracha naquela área. Estas zonas, posteriormente no produto final, serão notórias.

A Figura 30 representa o ensaio efetuado à referência 5015, com a apresentação de um cilindro produzido antes do ensaio como termo de comparação. Esta foi a referência que obteve resultados mais nítidos, apesar de não terem sido perfeitos. Observa-se de facto melhorias nítidas, em comparação com os cilindros produzidos antes do ensaio. São menos frequentes as zonas do cilindro onde se encontra a acumulação de um só material, comparativamente ao que se produzia antes. Ainda assim, as setas pretas assinalam 3 faixas mais claras em redor do cilindro, em que se verifica-se pouca borracha nessa zona.

Por fim, na Figura 31 é apresentado o resultado do ensaio efetuado à referência 5085 e um cilindro produzido antes do mesmo. Esta foi a referência que menos impacto teve com o ensaio industrial feito. São muito pouco notórias as melhorias obtidas.

A velocidade de mistura é um parâmetro importante para garantir a homogeneização de uma mistura de sólido-sólido e foi com esta base que se efetuou o ensaio industrial, tentando assim reduzir

o efeito do embate que a mistura tem ao sair do misturador. Apesar de não se ter obtido os resultados esperados, chegou-se à conclusão que de facto, foi possível melhorar minimamente o aspeto do produto final, nas referências que as chefias consideraram "críticas" para este problema. Posteriormente, estes resultados foram apresentados às chefias e direções responsáveis pela linha de aglomeração de materiais recicláveis e aprovaram operar com as velocidades praticadas no ensaio industrial. Sendo esta uma medida corretiva, as chefias e as direções responsáveis, acordaram em eliminar a parede existente à saída do misturador (apresentada na Figura 12), fazendo com que a mistura descarregue diretamente para o molde.

4.4. BALANCEAMENTO À LINHA DE AGLOMERAÇÃO DS

Após se verificar várias vezes, durante algumas semanas de trabalho, que o objetivo diário e semanal de produção não era cumprido e que associado a isto, existia muita desordem na produção e um elevado esforço físico por parte dos operadores para cumprir objetivos de produção, decidiu-se fazer um balanceamento à linha DS na parte de aglomeração de maneira a tentar perceber qual a realidade da linha. Com esta informação, é possível ajustar as tarefas por posto de trabalho diminuindo o esforço dos operadores, reajustar a produção consoante a procura e de aumentar a eficiência da própria linha. Então para iniciar este trabalho, começou-se por definir as tarefas existentes desde o momento em que se começa a fazer o produto final até ele sair da linha de produção. Segue-se o fluxograma de tarefas da aglomeração:

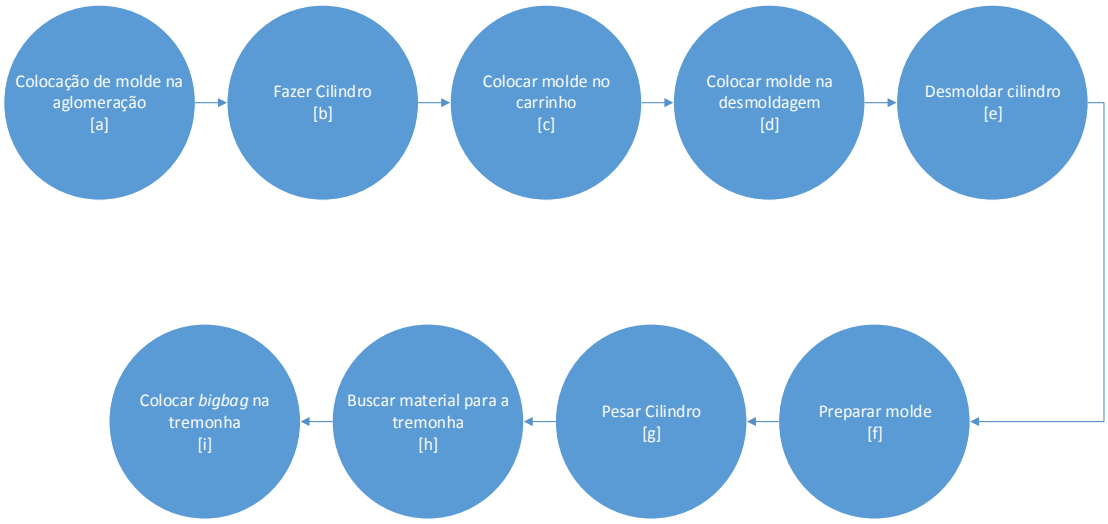

Figura 32 – A figura apresenta o fluxograma de tarefas na produção de um cilindro.

Após a identificação das tarefas, fez-se a medição de tempos e consequente balanceamento. Foi considerado como tarefas todas as atividades que o operador interfere, aumentando valor ao produto final.

Nos próximos subcapítulos iram-se descrever tanto as tarefas como o balanceamento efetuado à aglomeração da linha.

4.4.1. Descrição das tarefas

Apresenta-se de seguidas as tarefas, descrevendo em que consistem e como foram efetuadas as contagens de tempos.

- Colocação do molde na aglomeração

O operador, com a ajuda de um diferencial, coloca um molde vazio no slide da aglomeração, para iniciar a produção de um cilindro. O tempo nesta tarefa começa a ser contado quando o operador coloca o diferencial no molde e para a contagem após o operador retirar o diferencial do molde.

- Fazer cilindro

Esta tarefa engloba todas as atividades e movimentações necessárias para a aglomeração de um cilindro. Desde a altura em que o operador coloca o molde no slide que se encontra na área de aglomeração até a altura em que sai dessa mesma área. Aqui, a contagem de tempo começa exatamente no momento em que o molde é colocado no slide e liberto para trabalhar até ao momento em que está pronto para sair da área de aglomeração e avançar para a próxima fase do processo.

- Colocar cilindro no carrinho

Esta tarefa engloba simplesmente retirar o cilindro que acaba de ser feito do slide e coloca-lo no carrinho de transporte do mesmo. A contagem do tempo inicia-se quando o operador coloca o diferencial no molde e acaba mal o operador retira o diferencial do mesmo.

- Colocar molde na desmoldagem

Esta é a primeira tarefa que o operador da desmoldagem efetua, e refere-se ao movimento que o operador faz a passar o molde com o cilindro já curado para a prensa de desmoldagem. A contagem do tempo inicia-se desde o momento em que o operador coloca o diferencial no molde até ao momento que o retira, já com o molde na prensa de desmoldagem.

- Desmoldar cilindro

Para esta tarefa, considera-se todos os movimentos e ações que o operador da desmoldagem fará desde o momento em que prende o molde para o desmoldar, até ao momento em que o cilindro fica complementa liberto do molde. Aqui, o momento de contagem inicial é no momento que o

operador começa a prender o molde, até ao momento em que o operador coloca o cilindro já desmoldado em cima da balança.

- Preparar molde

Após colocar o cilindro em cima da balança, o operador limpa e prepara o molde para voltar a ser utilizado na aglomeração. E é esta a tarefa referente ao "preparar molde". Aqui, a contagem do tempo inicia-se mal o operador começa a limpar o molde, até ao momento em que o liberta para o operador da aglomeração o conseguir buscar.

- Pesar cilindro

Esta tarefa refere-se a todos os movimentos que o operador da desmoldagem faz para pesar e registar os dados da pesagem e da marcação do cilindro. A contagem do tempo inicia-se mal o operador regista o peso do cilindro até ao momento em que deixa o material de registo (giz e caneta).

- Buscar material para a tremonha

Aqui, a tarefa resume-se a o operador da desmoldagem ir buscar material ao armazém de matérias-primas e reserva-lo na linha DS. A contagem do tempo inicia-se no momento em que o operador liga o empilhador até ao momento em que o operador desliga o mesmo.

- Colocar *bigbags* na tremonha

A tarefa de "colocar *bigbags* na tremonha", é a contagem do tempo de todas as movimentações que o operador da desmoldagem faz a colocar um *bigbag* na tremonha, de maneira a alimentar o processo. A contagem inicia-se desde o momento em que o operador movimenta o diferencial até ao momento em que o larga.

4.4.2. Balanceamento

O balanceamento foi elaborado tendo em consideração duas situações: dois objetivos de produção diferentes. Primeiro efetua-se o balanceamento pelo *takt-time* e posteriormente utilizou-se como objetivo de produção 18 cilindros diários por turno, estudando o comportamento da linha numa eventual flutuação do mercado. Este é o limite de produção que a linha pode ter, sem necessitar de aumentar os postos de trabalho na mesma, tentando assim criar com este estudo uma defesa à linha quanto a possíveis flutuações do mercado, continuando a ter assim uma linha competitiva, não aumentando o desgaste dos operadores com um possível aumento da produção e minimizando sempre o desperdício. Para cada uma destas situações, foram utilizadas duas regras heurísticas para o cálculo do balanceamento da linha DS, sendo elas a Regra de *maior peso posicional (RPW)* e a

Regra de *maior tempo de processamento*, pois são as regras heurísticas que podem ser aplicadas a esta realidade.

Irá se dividir o balanceamento nestes dois casos de estudo, apresentando se também os resultados obtidos.

- Cálculo do balanceamento pelo *takt-time*

Antes de iniciar o cálculo do balanceamento, é necessário definir a produção consoante a procura do mercado, para assim a linha só produzir o que é necessário e não falhar com prazos. A procura de cilindros de materiais recicláveis é de 603 cilindros por mês. Assumindo 22 dias úteis que tem um mês, dá uma procura diária de 28 cilindros. Sendo que por dia, existem 3 turnos a trabalhar, a produção por turno dá 10 cilindros por dia. Obtendo o Output diário, passa-se para o cálculo do *takt-time*, que será igual ao tempo de ciclo.

Como foi referido no subcapítulo 3.3.2., inicia-se o balanceamento definindo o tempo de ciclo (C), tendo em conta o output diário. Assim sendo, o tempo de ciclo foi calculado da seguinte forma:

$$C = \frac{440\ minutos\ de\ laboração}{10\ cilindros} = 44\frac{min}{cilindro} \tag{6}$$

em que considera-se 8 horas a duração de um turno e foi subtraído o tempo para refeição (30 minutos) e o tempo para o intervalo (10 minutos).

Obtendo-se o tempo de ciclo, calculou-se de seguida o número mínimo teórico de postos de trabalho (N_{min}):

$$N_{min} = \frac{40{,}7\ min}{44\ min/cilindro} \approx 1\ posto\ de\ trabalho\ teórico \tag{7}$$

Assim sendo, sabemos que no mínimo a linha DS terá de ter 1 posto de trabalho, na parte de aglomeração de cilindros.

De seguida, parte-se para a distribuição de tarefas pelos postos de trabalho utilizando as regras heurísticas já mencionadas. Começa-se pela regra de *maior peso posicional (RPW)*. A Tabela 10 ilustra a distribuição de tarefas por posto de trabalho, bem como o tempo inativo e o número real de postos de trabalho para esta solução.

Tabela 10 - Tabela de distribuição de tarefas por postos de trabalho, referente à regra heurística: maior peso posicional

Posto de trabalho	Tarefa	t (min)	Tempo Restante (min)
1	a	0,7	43,3
	b	22,0	21,3
	c	0,6	20,7
	d	0,6	20,0
	e	5,3	14,7
	f	1,2	13,6
	g	1,1	12,4
	h	7,2	5,2

Tendo um output diário baseado na procura, o balanceamento efetuado à linha pela regra heurística de maior peso posicional, dá um resultado de um posto de trabalho, obtendo 5,2 minutos de tempo inativo nesse mesmo posto de trabalho.

Para o caso de utilização da regra heurística maior tempo de processamento, têm-se a Tabela 11, que mostra o número de postos de trabalho necessários para implementar a regra em causa, bem como o tempo inativo que ela trará.

Tabela 11 - Tabela de distribuição de tarefas por postos de trabalho, referente à regra heurística: maior tempo de processamento

Posto de trabalho	Tarefa	t (min)	Tempo Restante (min)
1	b	22,0	22,0
	h	7,2	14,8
	e	5,3	9,6
	i	1,9	7,7
	f	1,2	6,5
	g	1,1	5,4
	a	0,7	4,6
	d	0,6	4,0
	c	0,6	3,3

Com a utilização desta regra heurística, consegue-se reduzir o tempo de desperdício que o operador tem. Reorganizando as tarefas do operador, tendo como base a regra heurística de maior tempo de processamento, é possível uma redução de 1,9 minutos em cada ciclo.

- Cálculo do balanceamento com output de 18 cilindros

Sendo que aqui, o output diário é um valor assumido como sendo o limite de produção que a linha consegue produzir, tendo o número de operadores atual. Inicia-se então o balanceamento pelo cálculo do tempo de ciclo. O tempo de ciclo para este caso de estudo, foi calculado da seguinte forma:

$$C = \frac{440\ minutos\ de\ laboração}{18\ cilindros} = 24{,}4\ \frac{min}{cilindro} \tag{8}$$

em que se considera novamente 8 horas de laboração por turno, subtraindo o tempo para a refeição (30 minutos) e o tempo para intervalo (10 minutos) .

Continuando com os mesmos passos do primeiro caso de estudo, calculou-se de seguida o número mínimo teórico de postos de trabalho (N_{min}):

$$N_{min} = \frac{40{,}7\ min}{24{,}4\ min/cilindro} \approx 2\ postos\ de\ trabalho\ teóricos \tag{9}$$

Com estes resultados, sabemos de antemão que com um aumento de produção para 18 cilindros, a linha DS terá de ter no mínimo e teoricamente, dois postos de trabalho.

Após recolher-se todos estes dados passa-se, como no caso de estudo anterior, à distribuição de tarefas pelos postos de trabalho, utilizando as duas regras heurísticas já utilizadas: *maior peso posicional* (RPW) e *maior tempo de processamento*.

Iniciando pela regra heurística RPW. As tarefas foram distribuídas pelos postos de trabalho da forma apresentada na Tabela 12.

Tabela 12 - Tabela de distribuição de tarefas por postos de trabalho, referente à regra heurística: maior peso posicional

Posto de trabalho	Tarefa	t (min)	Tempo Restante (min)
1	a	0,7	23,7
	b	22,0	1,8
	c	0,6	1,1
2	d	0,6	23,8
	e	5,3	18,5
	f	1,2	17,3
	g	1,1	16,2
	h	7,2	9,0

Mais uma vez, a vermelho aparece o tempo inativo de cada posto de trabalho. Com a utilização da regra heurística RPW, verifica-se a existência de desequilíbrio de tempo inativo entre postos de trabalho, havendo maior tempo inativo no posto de trabalho 2 do que no 1.

Posteriormente, utilizou-se a regra de *maior tempo de processamento*. As tarefas foram distribuídas pelos postos de trabalho consoante a regra e a Tabela 13 é apresentada a distribuição da mesma.

Tabela 13 – Tabela de distribuição de tarefas por postos de trabalho, referente à regra heurística: maior tempo de processamento

Posto de trabalho	Tarefa	t (min)	Tempo Restante (min)
1	b	22,0	2,5
2	h	7,2	17,2
	e	5,3	12,0
	i	1,9	10,1
	f	1,2	8,9
	g	1,1	7,8
	a	0,7	7,0
	c	0,6	6,4
	d	0,6	5,8

Ao utilizar esta regra heurística, consegue-se um equilíbrio entre postos de trabalho, referente ao tempo de inatividade, tendo o posto de trabalho 1, 2,5 minuto de tempo inativo e o posto de trabalho 2, 5,8 minutos.

- Resultados

De maneira a tornar mais fácil a escolha da melhor regra heurística, e consequentemente, a melhor forma de equilibragem das tarefas por postos de trabalho, calculou-se para cada situação a percentagem de tempo inativo, a eficiência e o Custo de mão-de-obra por cilindro produzido. Assim, será possível quantificar tanto a redução de desperdício de tempo, como o aumento da eficiência e assegurando sempre quais os custos de mão-de-obra que a empresa terá. Na Tabela 14 são apresentados os resultados do tempo inativo (D), eficiência (E) e custo de mão-de-obra por cilindro (CustoMOD/Cilindro) para cada caso de estudo.

Tabela 14 – Tabela de resultados finais para cada objetivo de produção.

Objetivo de produção: 10 Cilindros						Objetivo de produção: 18 Cilindros					
RPW			**Maior tempo processamento**			**RPW**			**Maior tempo processamento**		
D	E	CustoMOD /cilindro (€/cilindro)	D	E	CustoMOD /cilindro (€/cilindro)	D	E	CustoMOD /cilindro (€/cilindro)	D	E	CustoMOD /cilindros (€/cilindro)
11,9%	92,4%	5,9	7,6%	92,4%	5,9	20,7%	83,1%	6,5	16,9%	83,1%	6,5

De notar que os cálculos que foram necessários para chegar a estes valores, encontram-se no apêndice D e os tempos todos que foram tirados de cada tarefa, encontram-se no apêndice C.

Após o cálculo do *takt-time*, o objetivo de cada turno deveria de ser ajustado, visto que a empresa só precisaria de produzir 10 cilindros por turno, em vez dos 15 que são pedidos diariamente pela empresa. Isto faria com que a empresa diminui-se o desperdício e produzisse só o que é necessário. O balanceamento sugere também colocar só uma estação de trabalho, ou seja, só um operador na linha. Equilibrando a linha de produção seria possível, com o output ajustado pela procura do mercado, manter um só operador a trabalhar na produção de cilindros de materiais recicláveis, sem que o operador fizesse um esforço físico excessivo.

Atualmente a linha labora com dois operadores na produção, mas este resultado do balanceamento não implica despedimentos. Dado a realidade da linha, é necessário um segundo operador, para apoio do operador que trabalho diretamente na produção, para a realização de tarefas que não trazem valor ao produto final, mas são importantíssimas para o bom funcionamento da linha (realização do plano de manutenção de manutenção autónoma, organização do stock de produto acabado, organização de cilindros rejeitados, preparação de materiais para trocas de ferramentas, etc…).

Com o segundo balanceamento efetuado, é possível tirar uma conclusão de salvaguarda sobre a linha, isto porque desde o mês de Março, a procura dos cilindros de materiais reciclados cresceu em relação aos meses de Janeiro e Fevereiro. Posto este crescimento, é interessante perceber se com os operadores e a organização da linha, é possível acompanhar a procura sem necessitar de criar mais postos de trabalho. Com os resultados obtidos do balanceamento, verifica-se que com dois postos de trabalho, é possível acompanhar o crescimento da procura até aos 18 cilindros por turno, continuando a linha a ser competitiva e eficiente. Analisando os resultados da Tabela 12, da Tabela 13 e no final, da Tabela 14, verifica-se que ao aplicar a regra heurística *maior tempo de processamento*, a linha reduz o tempo desperdiçado e consegue um maior equilíbrio entre o tempo

inativo do operador do posto de trabalho 1 e o tempo inativo do operador do posto de trabalho 2. Mas na prática, a melhor opção para a organização da linha seria optar pela organização das tarefas pela regra heurística *maior peso posicional*. Como já foi referido acima, a linha tem tarefas que não acrescentam valor que têm de ser realizadas durante o horário de trabalho e ao optar pela regra heurística RPW, faria com que o operador do posto de trabalho 2 tivesse tempo para essas tarefas. Para além disso, o operador do posto de trabalho 1 ocuparia a maior parte do tempo com a tarefa b – Fazer cilindro, tarefa que não implica esforço físico ao operador.

Por fim, pode-se concluir que, com a definição dos objetivos de produção pela procura e uma organização e estandardização das tarefas produtivas da linha, seria possível colocar um só operador a trabalhar na produção de cilindros e continuar com uma linha competitiva. Para além disso, iria fazer com que a linha ficasse com mais frequência organizada, houvesse organização no stock de produtos acabados e na organização de produtos rejeitos e ainda seria possível o cumprimento do plano de manutenção autónoma com mais rigor. Ainda assim, este estudo permite concluir que, dado o crescimento da procura que se verificou nos meses de Março, Abril e Maio, em relação aos meses de Janeiro e Fevereiro, a linha com uma reorganização da lista de tarefas produtivas e operando com dois postos de trabalho, conseguiria acompanhar este aumento da procura, continuando competitiva e sem necessitar de por em causa a limpeza e organização da mesma. Pode-se concluir também que, com estas ações, a ACC teria somente um aumento de 0,60 € por cada cilindro produzido.

5. CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE TRABALHO FUTURO

Em suma, tendo como objetivo otimizar uma linha de produção de aglomerados de materiais recicláveis, foram feitos vários trabalhos de áreas de estudo distintas, mas que no fundo se encontram no mesmo ponto: melhorar o funcionamento da linha. Dadas as divergências que a linha no início do projeto tinha, foi decidido intervir em três pontos fulcrais: organização da produção, recuperar aspeto visual do produto e organizar a linha e aumentar o tempo de vida dos equipamentos. Para fazer face a estas situações, efetuou-se um plano de manutenção autónoma, um estudo da velocidade das pás do misturador e um balanceamento à linha.

- Plano de Manutenção Autónoma

No plano de manutenção autónoma, conseguiu-se fazer com que a linha se tenha tornado mais limpa e organizada, promovendo um maior envolvimento dos operadores na linha, tornando-os mais conhecedores dos equipamentos que utilizam, mais proactivos e mais responsáveis pelo trabalho que fazem. Ainda assim conseguiu-se reduzir rejeições de cilindros, muito por causa de certas tarefas do plano que foram implementadas, que visam à consciencialização dos operadores, para evitar comportamentos que possam provocar rejeições. Quanto ao impacto do plano, para além de se conseguir uma linha mais limpa e organizada, houve uma redução 5,32% de rejeição de cilindros.

- Estudo da Velocidade das Pás do misturador

Quanto ao estudo da velocidade das pás do misturador, os resultados que foram conseguidos com esta medida, não foram de facto os esperados, apesar de ter sido uma medida implementada pelas chefias da linha de aglomeração de materiais reciclados. Com este estudo foi possível verificar que com o reajuste das velocidades de descarga da mistura pode-se melhorar a qualidade da mistura, torando-a mais homogénea. Contudo, concluiu-se também que para além deste reajuste, o processo necessita de uma restruturação, para se conseguir melhores resultados a nível do aspeto dos cilindros.

- Balanceamento à linha DS

Por fim no balanceamento, com o estudo efetuado é possível concluir que existe de facto um desequilíbrio entre o objetivo de produção atual e o que o mercado procura. Atualmente, a linha opera com dois operadores na produção sendo que com a definição do objetivo produção diário em relação à procura, a linha poderia operar somente com um operador, continuando competitiva e não desgastando o operador fisicamente. Para além disso, poderia libertar um operador para garantir a organização e limpeza da linha, garantindo que o plano de manutenção autónoma era realizado com

rigor. E ainda, a empresa passaria a produzir o que é necessário, evitando stock de cilindros exagerados e assim diminuindo o desperdício. Conclui-se também que, a linha com o mesmo número de operadores e reorganizando a lista de tarefas de produção, consegue acompanhar um aumento da procura até 18 cilindros por turno, garantindo a organização e limpeza da linha.

No início do projeto de tese empresarial, era visível uma grande área de reserva de cilindros rejeitados, desorganização na área de trabalho, falta de rotina de limpeza, cilindros com aspeto "não homogéneo", avarias constantes de equipamentos e instabilidade a nível da produção. Após este período de trabalho, foi conseguido reduzir o volume de cilindros rejeitados, tornou-se a linha mais limpa e organizada, reduziu-se avarias nos equipamentos, consciencializou-se os operadores para o trabalho que desenvolvem na linha e melhorou-se com algum significado, o aspeto do produto final.

- Sugestões de trabalho futuro

Apesar das otimizações efetuadas, é necessário ainda fazer algum trabalho que ajude no melhoramento da linha. As sugestões de trabalho futuro para a linha de aglomeração de desperdícios são:

→ Expandir o plano de manutenção autónoma à trituração da linha: iniciado e oficializado o plano de manutenção autónoma, o passo seguinte será expandir o plano para a área de trituração;

→ Implementação da metodologia SMED e aplicação da metodologia *Kaizen*: Um dos grandes problemas da linha de aglomeração de desperdícios são os *setup's*. Existem *setup's* extremamente demorados, que podem levar um turno a serem concluídos, sendo aqui interessante a implementação da metodologia SMED (23). Seria igualmente de valor, de maneira a manter o trabalho até agora conseguido e melhora-lo se possível, a aplicação da metodologia *Kaizen* (24);

→ Estudo de viabilidade de alterações/otimizações ao projeto da linha de aglomeração: a) efetuar o estudo para as seguintes situações: transporte de material dos silos para os mini-silos tem dado constantes problemas de entupimento, tentando aqui solucionar o problema a nível de alteração do projeto; b) área de desmoldagem é completamente dependente da área de aglomeração, não havendo independência de trabalho entre áreas. Isto faz com que uma área pare de trabalhar, quando a outra sofre alguma perturbação (falha no abastecimento, problemas na desmoldagem, avaria de equipamentos, etc). Aqui a proposta passaria por tentar implementar um stock intermédio entre a área de desmoldagem e a área de aglomeração; c) automatizar a tarefa de reserva de tampas dos moldes. Dado o elevado risco da execução desta tarefa (pois as tampas são muito pesadas) e dado que esta tarefa implica deslocações que podem ser evitadas, seria importante a automatização deste procedimento;

BIBLIOGRAFIA

1. **Gil, Luis.** *Cortiça: Produção, Tecnlogia e Aplicação.* [ed.] Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial. Lisboa : s.n., 1998.

2. **Lda, SUPRA - Sociedade Unidade de Produtos Aglomerados.** SUPRA. [Online] 2010. [Citação: 10 de Julho de 2015.] http://goo.gl/zIBhCF.

3. **Fortes, Manuel Amaral, Rosa, Maia Emília e Pereira, Helena.** *A Cortiça.* Lisboa : IST Press, 2004.

4. **Caetano, Mário.** CTB (ciência e tecnologia da borracha). [Online] 2009-2014. [Citação: 20 de Julho de 2015.] http://www.ctborracha.com/.

5. **Resinex.** Resinex - Distribution of Plastics & Elastomers. [Online] 2015. [Citação: 20 de Julho de 2015.] http://www.resinex.pt/.

6. **Ciesielski, Andrew.** *An Introduction to Rubber Technology.* s.l. : Rapra Technology Ltd., 1999. ISBN: 1-85957-150-6.

7. **Gent, Alan N.** *Engineering with rubber - How to design rubber components.* 3ª edição. s.l. : Hanser Publications, 2012.

8. **Ratna, Debdatta.** *Handbook of Thermoset Resins.* Reino Unido : Smithers Rapra, 2009. ISBN: 978-1-84735-410-5.

9. **Vilar, Walter.** Livro Química e Tecnologia dos Poliuretanos. [Online] [Citação: 20 de Julho de 2015.] http://www.poliuretanos.com.br/.

10. **Mobley, R. Keith, Higgins, Lindley R. e Wikoff, Darrin J.** *Maintenance Engineering Handbook.* 7ª. Estados Unidos da América : McGraw-Hill, 2008.

11. **Borris, Steven.** *Total Productive Maintenance.* Estados Unidos da América : McGraw-Hill, 2006.

12. **Manfredini, Andréia.** *Manutenção Autónoma em Operações na Procter & Gamble Porto.* Porto : Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009. Dissertação de Mestrado.

13. **Makigami Info.** Lean offices - TPM in Support Departmens - Process Improvement. [Online] 2015. [Citação: 9 de Setembro de 2015.] http://www.makigami.info/cms/card-autonomous-maintenance.

14. **Guia do Gráfico.** Guia do Gráfico. [Online] 2015. [Citação: 9 de Setembro de 2015.] http://www.guiadografico.com.br/artigos/principios-da-manutencao-autonoma.

15. **Zeppelin.** Zeppelin. *We create solutions.* [Online] 2015. [Citação: 12 de Julho de 2015.] http://www.zeppelin-systems.com/files/zeppelin-henschel-intensiv-prozess-labor-mischer-high-intensity-process-laboratory-mixer.pdf.

16. **Shingo, Shingeo.** *O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção.* s.l. : Bookman, 1996.

17. **Roldão, Vitor Sequeira e Ribeiro, Joaquim Silva.** *Gestão das Operações - Uma abordagem integrada.* s.l. : Monitor, 2007. ISBN: 978-972-9413-73-5.

18. *Lean Consumption.* **Womack, James P. e Jones, Daniel T.** Março de 2005, Havard Business Review.

19. **Stevenson, William J.** *Operations Management.* 11º. s.l. : McGraw-Hill.

20. **Shingo, Shigeo.** *A Revolution in Manufacturing: The SMED System.* Cambrigde : Productivity Inc., 1983. ISBN: 0-915299-03-8.

21. **Imai, Mazaaki.** *Gemba Kaizen - A commonsense approach to a continuous improvement strategy.* s.l. : McGraw Hill, 2012. ISBN: 978-0-07-179036-9.

22. **Pereira, Helena.** *Cork: Biology, Production and Uses.* Oxford : Elsevier, 2007.

23. **Apcor.** A cortiça como material de construção. *Apcor.* [Online] 2015. [Citação: 28 de Junho de 2015.] http://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2015/07/Caderno_Tecnico_F_PT.pdf.

24. **Kolattukudy, P. E.** *The Structure, Biosynthesis and Degradation of Wood Components.* Nova Iorque : Plenum Press, 1977.

25. **Marques, António Jorge Velez.** *Isolamento e caracterização estrutural da lenhina da cortiça de Quercus suber L.* Instituto Superior de Agronomia. Lisboa : s.n., 1998. p. 125, Tese de Douturamento.

26. **Asencio, Amparo.** Structural studies of a hemicellulose B fraction (B-2) from the cork of Quercus suber. *Canadian Journal of Chemistry.* 66, 1988, pp. 449-453.

27. **Amorim Cork Composites, S.A.** *Manual - 5's.* 2013.

28. **Sapo.pt.** Olhares - Fotografias online. [Online] sapo. [Citação: 26 de Maio de 2015.] http://olhares.sapo.pt/sobreiro_foto291329.html.

29. **Womack, James P. e Jones, Daniel T.** *A mentalidade enxuta nas empresas.* Rio de Janeiro : Campus, 1998.

30. **Baptista, José Antonio.** Abraman . [Online] 2015. [Citação: 12 de Julho de 2015.] http://www.abraman.org.br/arquivos/191/191.pdf.

APÊNDICE A: COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CORTIÇA

Para se perceber qual o comportamento da cortiça, tem de se obrigatoriamente efetuar um estudo a nível dos componentes químicos. Esta abordagem implica que se tenha uma visão microscópica da cortiça e da sua organização a nível celular. Quanto a este tema, podemos dizer que a parede celular é constituída por suberina, lenhina, polissacarídeos (onde incluímos celulose e hemiceluloses), extrativos e componentes inorgânicos. Quanto à sua percentagem, estes variam ao longo dos anos e não existe um valor padrão, sendo que estes sofrem alterações mediante o tipo de método utilizado para a sua determinação. Ainda assim, pode-se afirmar que a suberina é aproximadamente 50% do constituinte da parede celular das células da cortiça, enquanto a lenhina encontra-se entre 20-25%, os polissacarídeos 20%, os extrativos entre 14-18% e os componentes inorgânicos 1%. (4)

- Suberina

A suberina na parede celular das células da cortiça tem um papel fundamental, visto que é o constituinte que define as características de resiliência e impermeabilidade à água e gases que a cortiça tem. (5) (3) Esta é uma estrutura lipídica do tipo poliéster e é um composto que é impossível extrair da cortiça sem destruir irreversivelmente a sua estrutura e organização celular. A extração da suberina, para posteriormente identificar e quantificar os monómeros constituintes, é feita através da despolimerização da molécula e o método que tem vindo a ser utilizado é a transesterificação por metanólise. Após a utilização desta técnica (ou quaisquer outras técnicas de despolimerização), a cortiça dá origem a uma mistura complexa de monómeros, que na sua grande maioria são alifáticos. (3)

Em relação à estrutura molecular, a suberina é basicamente uma ligação éster entre monómeros ácidos e hidroxiácidos, formando uma estrutura do género poliéster. O que tem vindo a ser discutido é se esta estrutura está ou não ligada a monómeros aromáticos. Contudo, são apresentadas as duas propostas de estrutura molecular, na Figura A.33. (3)

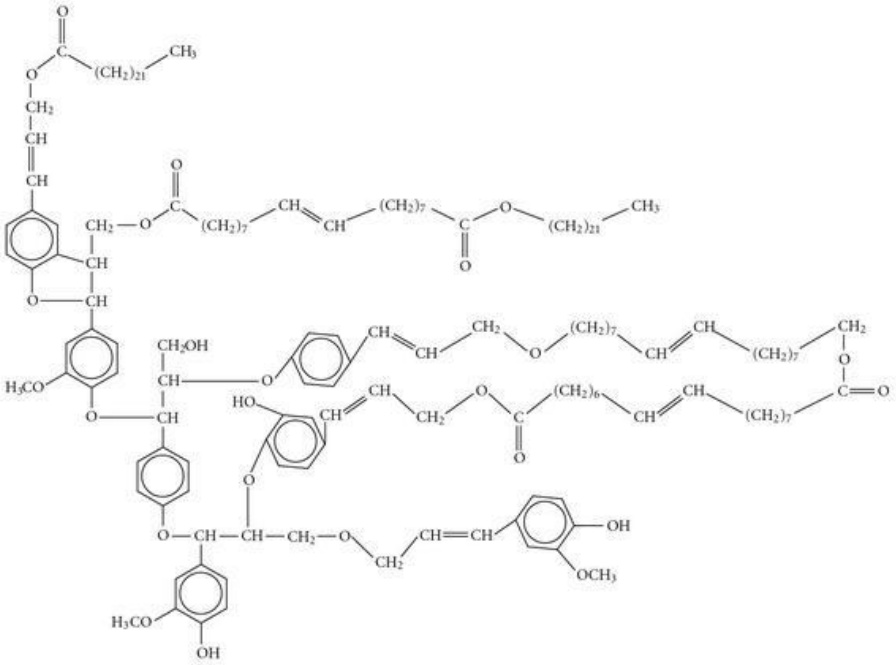

Figura 33 - Estrutura química hipotética da Suberina da cortiça proposta por *Kolattukudy*, em 1977. (24)

- Lenhina

A lenhina é o segundo componente na constituição da cortiça que em mais quantidade aparece. É um polímero de caráter aromático e tem o papel de manter a forma e estrutura das células da cortiça. É uma macromolécula formada por monómeros do tipo fenilpropano, sendo eles álcoois coniferílicos, sinapílicos e *p*-cumarílico. Em relação à proporção dos monómeros existentes na composição da lenhina, estes dependem do tipo de material vegetal que se encontra em estudo, não havendo uma estrutura exata da lenhina. Contudo, na Figura A.34 apresenta-se um modelo aproximado da estrutura molecular da lenhina.

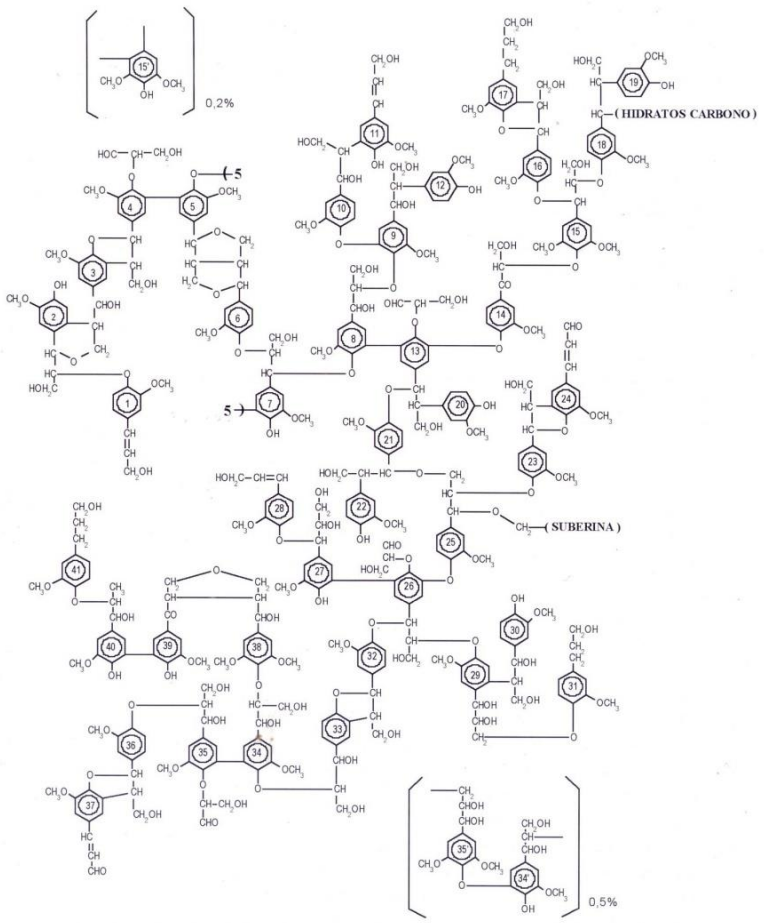

Figura 34 - Estrutura química da lenhina da cortiça, proposta por *António Marques*, em 1998. (25)

- Polissacarídeos (Celulose e Hemiceluloses)

Como já foi referido acima, os polissacarídeos que se encontram na estrutura das paredes celulares da cortiça são constituídos por celulose e hemiceluloses. A celulose é uma macromolécula constituída por unidades β-D-glucopiranose ligadas entre si por ligações glicosídicas e que se organiza como uma longa cadeia com vários milhares de unidades de glucose. A estrutura da celulose é maioritariamente cristalina, formando agregados orientados, designados por microfibrilas. Na madeira, a celulose tem um papel fundamental na resistência à tração na direção das fibrilas, e maior flexibilidade e deformabilidade na direção perpendicular às fibrilas. No caso da cortiça, isso já não acontece devido à pouca quantidade presente de celulose nas paredes celulares das células na cortiça. As hemiceluloses são heteropolímeros que incluem na sua constituição monossacáridos como pentoses, hexoses e com grupos substituintes. A maior diferença entre a celulose e as hemiceluloses esta no facto de as hemiceluloses terem um menor grau de polimerização e uma estrutura linear

ramificada, ao contrário da celulose. Nas células de cortiça existem três tipos de hemiceluloses (6): uma xilana, constituída por 94,1% de xilose e 5,9% de ácido 4-O-metilglucurónico; uma xilana constituída por xilose, ácido 4-O-metilglucurónico, arabinose, galactose, manose e glucose; e uma hemicelulose constituída por xilose, arabinose, glucose, galactose, ácido 4-O-metilglucurónico e ramnose. Na Figura A.35 podemos ver a estrutura da celulose e na Figura A.36 a estrutura da última hemicelulose. (3)

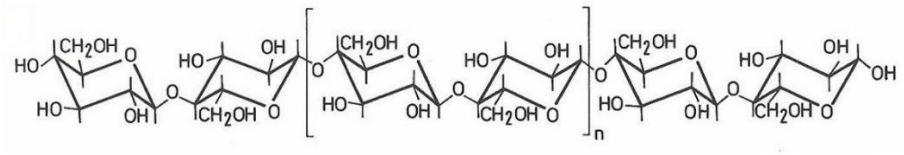

Figura 35 – Estrutura química da Celulose. (3)

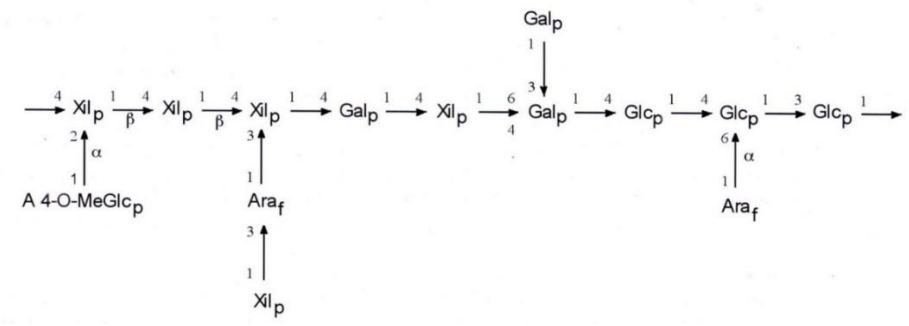

Figura 36 – Estrutura química da Hemicelulose da Cortiça proposta em 1988, por *Amparo Asencio.* (3)

- Componentes não-estruturais

Os componentes apresentados até agora, são componentes estruturais da parede celular das células da cortiça. Os restantes são não-estruturais, sendo eles os componentes extratáveis e os inorgânicos. Os extrativos, quanto à sua quantidade nas células da cortiça, diferem consoante o tipo de cortiça que falamos. Pode-se dizer que na maioria das referências sobre esta temática, indica uma taxa de extrativos entre os 14 a 18%, como foi já referido acima. Estes são constituídos por dois grupos: os lípidos e os compostos fenólicos. Os principais componentes dos lípidos são os triterpenos. É também agregado à sua composição compostos como n-alcanos, n-alcanóis, monoácidos, diácidos, hidroxiácidos suberínicos e também esteróis. Quanto aos compostos fenólicos, são incluídos na sua composição os compostos fenólicos simples e poliméricos. Já os componentes inorgânicos são todos aqueles resíduos que ficam em cinzas, após a combustão completa da matéria orgânica. Estes são constituídos maioritariamente por cálcio. Têm também na sua constituição, o fósforo, o sódio, o potássio e o magnésio. (3)

APÊNDICE B: METODOLOGIA 5 S

A metodologia 5's visa em promover a motivação, consciencialização e mobilização de uma empresa para obter qualidade de trabalho, eficiência na realização dos processos nos postos de trabalho, e por consequência, qualidade no produto final. Esta é implementada em áreas de trabalho de maneira a proporcionar aos operadores um ambiente mais motivador, limpo e arrumado evitando perdas de tempos desnecessárias e permitindo que o operador faça o seu melhor trabalho.

Mais detalhadamente, a metodologia 5's é dividida por 5 fases consecutivas e lógicas, que irão levar a um objetivo final: a melhoria contínua. Então essas 5 fases são (27):

1) *"Seiri"* – Organização: A ideia nesta fase é organizar o posto de trabalho de maneira a eliminar ou arrumar no seu devido local, materiais que não são necessários à realização do trabalho. Com isto, mantemos o posto de trabalho sempre organizado.
2) *"Seiton"* – Arrumação: Aqui o objetivo principal é tornar de fácil acesso o material necessário para a realização do trabalho. Isto é conseguido, definindo áreas ou locais bem visíveis e acessíveis para a colocação do material essencial.
3) *"Seiso"* – Limpeza: Criar planos e rotinas de limpeza para assim tornar o posto de trabalho constantemente limpo.
4) *"Seiketsu"* – Normalização: Criação e definição de regras que permitam o cumprimento das ações que foram referidas anteriormente fazendo com que a organização, a arrumação e a limpeza sejam sempre cumpridas e visíveis.
5) *"Shitsuke"* – Disciplina: supervisão se o processo está a ser implementado e bem implementado da forma que foi definido, e motivar os operadores a manter os bons hábitos da continuidade dos processos traçados.

A ordem tem de ser seguida assim como foi aqui apresentada, de maneira a ter sucesso com a implementação da metodologia 5's numa empresa.

A grande vantagem da implementação desta metodologia num ambiente empresarial, é que com estas simples ideologias aplicadas podemos obter benefícios muito significativos, tais como: otimização de espaços; aumento da produtividade; minimização de excessos; redução de desperdícios; redução de tempo improdutivo; redução de custos; melhoria dos aspetos visuais da empresa; redução de risco de acidentes; boa imagem junto dos clientes; melhoria da qualidade do produto e do trabalho elaborado; (27)

APÊNDICE C: ESTUDO DOS TEMPOS

O estudo dos tempos de tarefas numa linha de produção é uma ferramenta importante pois dá o conhecimento necessário para se poder avaliar o desempenho dos operadores, planear as necessidades da linha em função da força de trabalho, permitir a determinação da capacidade que a linha deve ter disponível e o preços e/ou custo do produto fabricado, permite a comparação de métodos de trabalho, programar operações e estabelecer incentivos monetários. (20)

Para obter dados o mais realistas e ajustados à realidade das tarefas em estudo, é necessário aplicar métodos de estudo de tempos que farão com que os tempos obtidos sejam o mais rigoroso possível. Ao fazer um estudo neste tema, terá de se ter em consideração não só os movimentos e ações que o operador efetua para a realização da tarefa, como o esforço que o mesmo tem, para efetuar a tarefa. Para além disso, será possível observar tempos diferentes para uma mesma tarefa, pois os operadores não são todos os mesmos, e a tarefa para um operador pode ser simples e de rápida execução, enquanto que para outro poderá ser complexa e de longa duração. Com isto, denotar que será necessário ter estes pontos em consideração no momento da recolha de dados. (20)

Assim sendo, o tempo normal de uma tarefa é constituído por: (20)

- **Tempo observado:** é a média de todos os tempos medidos nas observações;

- **Fator de atividade:** fator corretivo que tem em conta o grau de atividade do operador observado;

- **Complemento de repouso:** tempo que o operador tem necessidade para se restabelecer do esforço despendido na execução da tarefa;

- **Complementos auxiliares:** complemento de tempo estabelecido para possíveis atrasos, esperas não programadas ou imprevistos;

O método utilizado para o estudo de tempos às tarefas da parte de aglomeração da linha DS foi o estudo dos tempos por cronometragem. De seguida descreve-se o método abordado.

- **Estudo dos tempos por cronometragem**

Este método consiste na obtenção de tempos através da medição por cronometragem ou por máquina de filmar, enquanto o operador efetua a tarefa, sem o observador influenciar a execução da mesma. A metodologia a ser utilizada para a aplicação deste método é a seguinte: (21)

- Preparar a cronometragem;

- Executar a cronometragem;
- Determinar o tempo base;
- Corrigir o tempo base;
- Determinar o tempo total;

Preparar a cronometragem

A preparação da cronometragem consiste em conhecer previamente a tarefa que se irá fazer a medição do tempo, definindo muito bem o instante inicial e final em que se começa e acaba de fazer a medição. Sendo uma operação um conjunto de tarefas produtivas e improdutivas, deve-se decompor a operação em tarefas o mais simples e curtas possíveis, de maneira a conseguir uma medição do tempo com cronómetro conveniente. De maneira a não haver omissão de tarefas importantes, deve-se elaborar previamente uma lista de tarefas a serem medidas. Deve-se também fazer várias cronometragens ao longo do dia, e caso a linha de produção trabalhe por turnos, ao longo de vários turnos, para possibilitar obter-se uma amostra que abrange todos os graus de disposição para o trabalho. Também de notar, que se deve evitar cronometragens na primeira hora logo se inicie o trabalho, tanto da parte da manhã como a seguir ao almoço. (21)

Execução da cronometragem

Após a execução da cronometragem, deve-se efetuar o registo da mesma, tal como se deve registar o julgamento da atividade do operador na execução da tarefa (o fator de atividade), que é feito por uma estimativa numérica da rapidez com que o operador efetua a tarefa, comparando com o ritmo que se ache normal, ou seja, o ritmo que um operador qualificado, motivado e experiente, trabalhe sem qualquer tipo de esforço.

Após o registo do tempo medido, o tempo normal será dado pela seguinte equação:

$$Tempo\ normal = \frac{Tempo\ medido\ \times fator\ de\ atividade}{Ritmo\ Padrão} \tag{10}$$

Sendo o tempo medido, o tempo observado e registado por cronometragem; o fator de atividade, a estimativa numérica (em percentagem) para a velocidade com que o operador efetua a tarefa; e o ritmo padrão, sendo o valor *standart* que um operador deve efetuar essa mesma tarefa, em condições normais, sem qualquer tipo de esforço ou atraso. (20) Por exemplo, se for assumido que o operador executou uma certa tarefa com um ritmo de 20% abaixo do normal, o fator de atividade

será 80. O ritmo padrão será 100, pois será o ritmo normal, sem qualquer tipo de esforço ou atraso, que o operador faria ao efetuar a tarefa em questão.

Determinação do tempo de base

O tempo de base é definido como sendo o tempo mais provável para a execução de uma tarefa, em que o operador a efetue sem esforço e com um ritmo regular, devendo nele ser incluído os tempos dos movimentos irregulares produtivos e improdutivos. Existem três maneiras de calcular o tempo de base a partir dos tempos normais: através da sua *média*, através do *módulo* e através da *primeira medida do segundo terço*. Para este trabalho, optou-se por calcular o tempo de base através da *média* dos tempos normais, visto que quase todas as tarefas tinham tempos de execução diferentes e dado esta situação, o processo de determinação do tempo de base mais correto é o da *média*. (20)

Correção do tempo de base

Após a determinação do tempo base, terá de ser feita uma correção do mesmo, visto que numa primeira abordagem, este tempo não tem em conta a fadiga que a tarefa provoca no operador, caso ele a execute consecutivamente ou mesmo as condições de ambiente pouco favoráveis que ele esteja exposto. Assim sendo, terá de se adicionar aos tempos de base, complementos de repouso e auxiliares, que irão depender muito do tipo de operação e da empresa. (20)

Determinação do tempo total

Concluindo todos os passos anteriores, é possível obter o tempo total para a elaboração de uma operação, sendo este a soma de todos os tempos de base de cada tarefa que está incluída na operação. (20)

Posto isto, serão apresentadas de seguida as tabelas de registo e análise dos tempos de cada tarefa que foi já definida anteriormente.

Tabela 15 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Colocar molde na aglomeração.

Tarefa	Colocar molde na aglomeração					
Turno	**Amostra**	**Tempo Medido (segundos)**	**Tempo Medido (minutos)**	**Fator de atividade %**	**Tempo Normal (minutos)**	**$(xi-\dot{x})^2$**
1º turno	1	00:00:33	0,55	115	0,63	0,004
1º turno	2	00:00:32	0,53		0,61	0,006
1º turno	3	00:00:34	0,57		0,65	0,002
1º turno	4	00:00:34	0,57		0,65	0,002
2º turno	5	00:00:48	0,80	95	0,76	0,005
2º turno	6	00:00:54	0,90		0,86	0,026
1º turno	7	00:00:36	0,60	103	0,62	0,006
1º turno	8	00:00:43	0,72		0,74	0,002
3º turno	9	00:00:48	0,80	90	0,72	0,001
3º turno	10	00:00:42	0,70		0,63	0,004
3º turno	11	00:00:43	0,72		0,65	0,002
3º turno	12	00:00:54	0,90		0,81	0,014
2º turno	13	00:00:43	0,72	98	0,70	0,000
2º turno	14	00:00:43	0,72		0,70	0,000
3º turno	15	00:00:43	0,72	96	0,69	0,000
3º turno	16	00:00:45	0,75		0,72	0,001
2º turno	17	00:00:48	0,80	105	0,84	0,022
2º turno	18	00:00:34	0,57		0,60	0,010
2º turno	19	00:00:37	0,62		0,65	0,002
2º turno	20	00:00:36	0,60		0,63	0,004
MÉDIA (Tempo de Base)	0,69					
Tempo de Base corrigido (fator de correção 5%)	0,73					
Desvio Padrão	0,074					

Tabela 16 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Fazer Cilindro.

Tarefa	Fazer Cilindro						
Turno	**Cilindro**	**Tempo Medido (minutos:segundos)**	**Tempo Medido (minutos)**	**Fator de atividade %**	**Tempo Normal (minutos)**	**Referência e dimensão**	**$(xi-\dot{x})^2$**
1º turno	1	00:15:50	15,8	105	16,6	5085, 42''	18,402
1º turno	2	00:13:37	13,6		14,3	5085, 42''	43,788
1º turno	3	00:34:47	34,8	85	29,6	5057, 42''	74,841
1º turno	4	00:18:54	18,9	95	18,0	5081, 42''	8,760
1º turno	5	00:19:43	19,7		18,7	5081, 42''	4,770
1º turno	6	00:14:41	14,7	102	15,0	5085, 42''	35,257
1º turno	7	00:19:10	19,2	102	19,6	5790, 42''	1,863
2º turno	8	00:23:32	23,5	90	21,2	5790, 42''	0,070
2º turno	9	00:22:09	22,2	90	19,9	5057, 42''	0,960
1º turno	10	00:25:36	25,6	85	21,8	5057, 42''	0,714
1º turno	11	00:20:55	20,9	98	20,5	5401, 42''	0,173
2º turno	12	00:29:38	29,6	95	28,2	5015, 54''	52,372
1º turno	13	00:27:10	27,2	98	26,6	5015, 54''	32,588
2º turno	14	00:25:32	25,5	90	23,0	5359, 49''	4,265
3º turno	15	00:17:14	17,2	95	16,4	5085, 42''	20,640
3º turno	16	00:16:33	16,6		15,7	5085, 42''	26,960
3º turno	17	00:21:33	21,6	90	19,4	5401, 42''	2,310
3º turno	18	00:28:01	28,0		25,2	5401, 42''	18,492
2º turno	19	00:22:28	22,5	95	21,3	5401, 42''	0,184
3º turno	20	00:28:16	28,3	97	27,4	5015, 54''	42,300
MÉDIA (Tempo de Base)	20,9						
Tempo de Base corrigido (fator de correção 5%)	22,0						
Desvio Padrão	4,414						

Tabela 17 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Colocar molde no carrinho.

Tarefa	Colocar molde no carrinho					
Turno	**Amostra**	**Tempo Medido (segundos)**	**Tempo Medido (minutos)**	**Fator de atividade %**	**Tempo Normal (minutos)**	**$(xi-\dot{x})^2$**
1º turno	1	00:00:32	0,53	90	0,48	0,016
1º turno	2	00:00:39	0,65		0,59	0,001
1º turno	3	00:00:59	0,98		0,89	0,077
1º turno	4	00:00:53	0,88		0,80	0,035
2º turno	5	00:00:56	0,93	90	0,84	0,054
1º turno	6	00:00:28	0,47	110	0,51	0,009
3º turno	7	00:00:32	0,53	98	0,52	0,007
3º turno	8	00:00:45	0,75		0,74	0,016
3º turno	9	00:00:29	0,48		0,47	0,018
3º turno	10	00:00:42	0,70		0,69	0,006
2º turno	11	00:00:30	0,50	115	0,58	0,001
2º turno	12	00:00:23	0,38		0,44	0,028
2º turno	13	00:00:30	0,50		0,58	0,001
3º turno	14	00:00:30	0,50	105	0,53	0,007
3º turno	15	00:00:41	0,68		0,72	0,012
1º turno	16	00:00:36	0,60	103	0,62	0,000
2º turno	17	00:00:31	0,52	105	0,54	0,004
2º turno	18	00:00:29	0,48		0,51	0,010
2º turno	19	00:00:26	0,43		0,46	0,023
1º turno	20	00:00:42	0,70	98	0,69	0,006
MÉDIA (Tempo de Base)	0,61					
Tempo de Base corrigido (fator de correção 5%)	0,64					
Desvio Padrão	0,129					

Tabela 18 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Colocar molde na desmoldagem.

Tarefa	Colocar molde na desmoldagem					
Turno	**Amostra**	**Tempo Medido (segundos)**	**Tempo Medido (minutos)**	**Fator de atividade %**	**Tempo Normal (minutos)**	**$(xi-\dot{x})^2$**
1º turno	1	00:00:25	0,42	110	0,46	0,025
1º turno	2	00:00:26	0,43		0,48	0,020
1º turno	3	00:00:32	0,53		0,59	0,001
1º turno	4	00:00:26	0,43		0,48	0,020
2º turno	5	00:00:44	0,73	95	0,70	0,006
3º turno	6	00:00:40	0,67	98	0,65	0,001
3º turno	7	00:00:36	0,60		0,59	0,001
2º turno	8	00:01:11	1,18	85	1,01	0,151
3º turno	9	00:00:32	0,53	98	0,52	0,009
1º turno	10	00:00:42	0,70	98	0,69	0,005
1º turno	11	00:00:34	0,57		0,56	0,004
2º turno	12	00:00:48	0,80	98	0,78	0,028
2º turno	13	00:00:33	0,55		0,54	0,006
2º turno	14	00:00:40	0,67		0,65	0,001
3º turno	15	00:00:39	0,65	100	0,65	0,001
3º turno	16	00:00:37	0,62		0,62	0,000
2º turno	17	00:00:32	0,53	97	0,52	0,010
2º turno	18	00:00:44	0,73		0,71	0,009
3º turno	19	00:00:29	0,48	95	0,46	0,025
3º turno	20	00:00:45	0,75		0,71	0,009
MÉDIA (Tempo de Base)	0,62					
Tempo de Base corrigido (fator de correção 5%)	0,65					
Desvio Padrão	0,129					

Tabela 19 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Desmoldar Cilindro.

Tarefa	Desmoldar Cilindro						
Turno	**Cilindro**	**Tempo Medido (minutos : segundos)**	**Tempo Medido (minutos)**	**Fator de atividade %**	**Tempo Normal (minutos)**	**Referência e dimensão**	**$(xi-\dot{x})^2$**
1º turno	1	00:04:07	4,1	110	4,5	5085, 42''	0,249
1º turno	2	00:03:21	3,4		3,7	5085, 42''	1,803
1º turno	3	00:07:03	7,1	90	6,3	5085, 42''	1,735
1º turno	4	00:05:49	5,8	93	5,4	5081, 42''	0,146
1º turno	5	00:04:52	4,9	100	4,9	5080, 42''	0,026
1º turno	6	00:04:19	4,3	102	4,4	5710, 42''	0,390
3º turno	7	00:03:51	3,9	105	4,0	5057, 42''	0,971
3º turno	8	00:04:06	4,1	105	4,3	5185, 42''	0,522
3º turno	9	00:03:59	4,0	105	4,2	5081, 42''	0,714
2º turno	10	00:05:29	5,5	95	5,2	5185, 42''	0,033
2º turno	11	00:05:34	5,6		5,3	5185, 42''	0,068
3º turno	12	00:04:04	4,1	115	4,7	5080, 42''	0,123
3º turno	13	00:02:37	2,6		3,0	5080, 42''	4,075
2º turno	14	00:03:12	3,2	120	3,8	5080, 42''	1,411
2º turno	15	00:02:59	3,0		3,6	5080, 42''	2,096
3º turno	16	00:04:23	4,4	103	4,5	5080, 42''	0,263
3º turno	17	00:04:10	4,2		4,3	5080, 42''	0,542
2º turno	18	00:04:05	4,1	105	4,3	5057, 42''	0,548
2º turno	19	00:10:02	10,0	85	10,5	5015, 54''	30,330
1º turno	20	00:09:06	9,1	87	9,6	5015, 54''	20,496
MÉDIA (Tempo de Base)	5,0						
Tempo de Base corrigido (fator de correção 5%)	5,3						
Desvio Padrão	1,824						

Tabela 20 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Preparar molde.

Tarefa	Preparar molde					
Turno	**Amostra**	**Tempo Medido (minutos : segundos)**	**Tempo Medido (minutos)**	**Fator de atividade %**	**Tempo Normal (minutos)**	**$(xi-\dot{x})^2$**
1º turno	1	00:00:50	0,83	105	0,88	0,057
2º turno	2	00:01:38	1,63	97	1,58	0,221
2º turno	3	00:00:27	0,45	115	0,52	0,356
3º turno	4	00:02:00	2,00	95	1,90	0,617
1º turno	5	00:00:47	0,78	105	0,82	0,085
2º turno	6	00:00:48	0,80	105	0,84	0,075
2º turno	7	00:00:50	0,83		0,88	0,057
2º turno	8	00:01:58	1,97	90	1,77	0,430
2º turno	9	00:00:35	0,58	110	0,64	0,224
1º turno	10	00:01:35	1,58	96	1,52	0,164
1º turno	11	00:00:55	0,92	105	0,96	0,023
3º turno	12	00:00:44	0,73	107	0,78	0,109
3º turno	13	00:01:44	1,73	98	1,70	0,341
2º turno	14	00:00:50	0,83	105	0,88	0,057
2º turno	15	00:00:34	0,57	110	0,62	0,241
3º turno	16	00:01:15	1,25	99	1,24	0,015
3º turno	17	00:00:58	0,97		0,96	0,025
3º turno	18	00:01:18	1,30	97	1,26	0,021
1º turno	19	00:01:21	1,35	96	1,30	0,033
1º turno	20	00:01:18	1,30		1,25	0,018
MÉDIA (Tempo de Base)	1,11					
Tempo de Base corrigido (fator de correção 5%)	1,17					
Desvio Padrão	0,398					

Tabela 21 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Fazer Pesagem.

Tarefa	Fazer Pesagem					
Turno	**Cilindro**	**Tempo Medido (minutos: segundos)**	**Tempo Medido (minutos)**	**Fator de atividade %**	**Tempo Normal (minutos)**	**$(xi-\dot{x})^2$**
1º turno	1	00:00:55	0,92	110	1,01	0,005
1º turno	2	00:00:36	0,60		0,66	0,175
1º turno	3	00:01:24	1,40	95	1,33	0,063
2º turno	4	00:01:11	1,18	98	1,16	0,007
1º turno	5	00:00:29	0,48	115	0,56	0,273
3º turno	6	00:01:31	1,52	93	1,41	0,110
3º turno	7	00:00:27	0,45	115	0,52	0,315
3º turno	8	00:00:36	0,60		0,69	0,151
2º turno	9	00:01:00	1,00	98	0,98	0,010
2º turno	10	00:01:07	1,12		1,09	0,000
3º turno	11	00:01:34	1,57	93	1,46	0,143
3º turno	12	00:00:52	0,87	103	0,81	0,074
1º turno	13	00:00:33	0,55	115	0,51	0,322
1º turno	14	00:01:33	1,55	90	1,44	0,132
2º turno	15	00:02:53	2,88	85	2,68	2,569
2º turno	16	00:01:17	1,28	96	1,19	0,013
3º turno	17	00:00:40	0,67	110	0,62	0,210
2º turno	18	00:00:48	0,80	108	0,74	0,112
3º turno	19	00:00:32	0,53	115	0,50	0,340
1º turno	20	00:02:23	2,38	80	2,22	1,295
MÉDIA (Tempo de Base)	1,08					
Tempo de Base corrigido (fator de correção 5%)	1,13					
Desvio Padrão	0,562					

Tabela 22 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Buscar material para a tremonha.

Tarefa	Buscar material para a tremonha					
Turno	**Amostra**	**Tempo Medido (minutos: segundos)**	**Tempo Medido (minutos)**	**Fator de atividade %**	**Tempo Normal (minutos)**	**$(xi-\dot{x})^2$**
2º turno	1	00:04:39	4,7	108	5,0	3,398
2º turno	2	00:03:21	3,4	115	3,9	9,077
1º turno	3	00:36:02	36,0	73	26,3	377,873
2º turno	4	00:03:52	3,9	113	4,4	6,230
1º turno	5	00:05:11	5,2	110	5,7	1,354
2º turno	6	00:04:20	4,3	112	4,9	4,048
2º turno	7	00:04:15	4,3		4,8	4,433
1º turno	8	00:04:27	4,5	112	5,0	3,540
2º turno	9	00:13:26	13,4	80	10,7	15,064
3º turno	10	00:08:49	8,8	85	7,5	0,395
3º turno	11	00:05:01	5,0	103	5,2	2,884
3º turno	12	00:05:35	5,6		5,8	1,242
3º turno	13	00:04:12	4,2	115	4,8	4,143
3º turno	14	00:03:37	3,6		4,2	7,324
1º turno	15	00:06:12	6,2	98	6,1	0,623
1º turno	16	00:06:57	7,0		6,8	0,003
1º turno	17	00:10:59	11,0	82	9,0	4,584
3º turno	18	00:03:46	3,8	115	4,3	6,420
3º turno	19	00:04:17	4,3		4,9	3,762
2º turno	20	00:09:50	9,8	83	8,2	1,680
MÉDIA (Tempo de Base)	6,9					
Tempo de Base corrigido (fator de correção 5%)	7,2					
Desvio Padrão	4,786					

Tabela 23 - Tabela de registo e tratamento de tempos da tarefa: Colocar *bigbags* na tremonha.

Tarefa	Colocar bigbags na tremonha					
Turno	**Amostra**	**Tempo Medido (minutos: segundos)**	**Tempo Medido (minutos)**	**Fator de atividade %**	**Tempo Normal (minutos)**	**$(xi-\dot{x})^2$**
2º turno	1	00:02:19	2,3	90	2,1	0,083
2º turno	2	00:01:35	1,6	103	1,6	0,027
2º turno	3	00:01:30	1,5		1,5	0,063
3º turno	4	00:01:37	1,6	108	1,7	0,003
3º turno	5	00:01:09	1,2		1,2	0,307
3º turno	6	00:01:18	1,3		1,4	0,154
2º turno	7	00:03:57	4,0	80	3,2	1,860
2º turno	8	00:01:21	1,4	99	1,3	0,211
2º turno	9	00:01:56	1,9		1,9	0,014
3º turno	10	00:01:25	1,4	105	1,5	0,095
1º turno	11	00:02:09	2,2	95	2,0	0,061
1º turno	12	00:01:46	1,8	99	1,7	0,002
1º turno	13	00:01:41	1,7		1,7	0,017
1º turno	14	00:01:21	1,4		1,3	0,211
1º turno	15	00:00:52	0,9	105	0,9	0,785
1º turno	16	00:02:01	2,0	95	1,9	0,014
1º turno	17	00:02:08	2,1		2,0	0,053
2º turno	18	00:01:49	1,8	100	1,8	0,000
3º turno	19	00:03:51	3,9	80	3,1	1,648
3º turno	20	00:01:52	1,9	98	1,8	0,001
MÉDIA (Tempo de Base)	1,8					
Tempo de Base corrigido (fator de correção 5%)	1,9					
Desvio Padrão	0,530					

APÊNDICE D: CÁLCULO DA EFICIÊNCIA, TEMPO INATICO E CUSTO MÃO-DE-OBRA PARA O BALANCEAMENTO.

Os cálculos efetuados para se chegar a valores da eficiência, tempo inativo e custo de mão-de-obra para os balanceamentos acima elaborados, são apresentados aqui.

- Balanceamento pelo *takt-time*:

Iniciando os exemplos de cálculo pela regra heurística do *maior peso posicional*, o cálculo do tempo inativo é efetuado da seguinte forma:

$$D = \frac{tempo\ inativo}{k \times C} \times 100 = \frac{5{,}2}{1 \times 44} \times 100 = 11{,}9\% \tag{11}$$

Para a regra heurística de maior tempo de processamento, o cálculo do tempo inativo é efetuado da seguinte forma:

$$D = \frac{tempo\ inativo}{k \times C} \times 100 = \frac{3{,}3}{1 \times 44} \times 100 = 7{,}6\% \tag{12}$$

Quanto à eficiência da linha e ao custo de mão-de-obra, será calculado da mesma forma para ambas as regras heurísticas. Então, são apresentados os exemplos de cálculo para a eficiência e para o custo de mão-de-obra (respetivamente), de seguida:

$$E = \frac{\sum t}{k \times C} \times 100 = \frac{40{,}7}{1 \times 44} \times 100 = 92{,}4\% \tag{13}$$

Para o cálculo do custo de mão-de-obra, é necessário definir um custo de mão-de-obra diário. Segundo dados do gabinete de projeto da empresa, um operador na linha DS, tem um custo de mão-de-obra anual de 15000€. Assumindo que um ano tem 255 dias uteis, dá um custo de mão-de-obra diário de 59€.

$$\frac{CustoMOD}{unidade} = \frac{k \times CustoMOD/dia}{output\ diário} = \frac{1 \times 59}{10} = 5{,}9\,\frac{€}{cilindro} \tag{14}$$

De notar que o $tempo\ inativo$, refere-se ao tempo que sobra após os cálculos do balanceamento; k é o número de postos de trabalho prático, ou seja, é o número de postos de trabalho que se obtém no final de todo o processo de cálculo do balanceamento;

- Balanceamento com um Output diário de 18 cilindros

Para o balanceamento tendo como output diário, os 18 cilindros, os cálculos do tempo inativo, eficiência e custo de mão-de-obra serão feitos da mesma forma que o anterior.

Iniciando novamente pelo tempo inativo, o cálculo do mesmo para a regra heurística de maior peso posicional é efetuado da seguinte forma:

$$D = \frac{tempo\ inativo}{k \times C} \times 100 = \frac{1{,}1 + 9}{2 \times 24{,}4} \times 100 = 20{,}7\% \tag{15}$$

Para o cálculo do tempo inativo, mas para a regra de maior tempo de processamento, temos o procedimento da seguinte forma:

$$D = \frac{tempo\ inativo}{k \times C} \times 100 = \frac{2{,}5 + 5{,}8}{2 \times 24{,}4} \times 100 = 16{,}9\% \tag{16}$$

Por fim, tem-se o cálculo da eficiência e do custo de mão-de-obra. O cálculo da eficiência, é apresentado da seguinte forma:

$$E = \frac{\sum t}{k \times C} \times 100 = \frac{40{,}7}{2 \times 24{,}4} \times 100 = 83{,}1\% \tag{17}$$

Para o cálculo do custo de mão-de-obra, assumiu-se novamente os valores acima referidos para o custo de mão-de-obra diária. É apresentado de seguida o exemplo de cálculo para o custo de mão-de-obra por cilindro:

$$\frac{CustoMOD}{unidade} = \frac{k \times CustoMOD/dia}{output\ diário} = \frac{2 \times 59}{18} = 6{,}5\,\frac{€}{cilindro} \tag{18}$$

Como já foi referido acima o $tempo\ inativo$, refere-se ao tempo que sobra após os cálculos do balanceamento; k é o número de postos de trabalho prático, ou seja, é o número de postos de trabalho que se obtém no final de todo o processo de cálculo do balanceamento;

APÊNDICE E: DADOS DA PROCURA DA LINHA DS E DAS REJEIÇÕES DE PRODUTO ACABADO.

Tabela 24 – Tabela de dados da procura de cilindros da linha DS.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio	Junho
Procura	474	420	776	612	697	596

Tabela 25 - Tabela de dados das rejeições de cilindros da linha DS.

	Fevereiro			Março			Abril			Maio			Junho		
	Quantidade rejeitada (m^3)	Quantidade produzida (m^3)	Percentagem quantidade rejeitada	Quantidade rejeitada (m^3)	Quantidade produzida (m^3)	Percentagem quantidade rejeitada	Quantidade rejeitada (m^3)	Quantidade produzida (m^3)	Percentagem quantidade rejeitada	Quantidade rejeitada (m^3)	Quantidade produzida (m^3)	Percentagem quantidade rejeitada	Quantidade rejeitada (m^3)	Quantidade produzida (m^3)	Percentagem quantidade rejeitada
Total	60,9	242,9	20,04%	62,8	575,7	9,84%	15,7	330,4	4,52%	25,4	425,4	5,64%	29,1	493,4	5,57%