



EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS NUMA ÁREA DE TRITURAÇÃO DE CORTIÇA

EMANUEL THIAGO DE SOUSA OLIVEIRA

Outubro de 2016

EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS NUMA ÁREA DE TRITURAÇÃO DE CORTIÇA

Emanuel Thiago de Sousa Oliveira

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto

Departamento de Engenharia Mecânica



POLITÉCNICO
DO PORTO

isep

EFICIÊNCIA DE EQUIPAMENTOS NUMA ÁREA DE TRITURAÇÃO DE CORTIÇA

Emanuel Thiago de Sousa Oliveira
1021137

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva.

2016

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



"Quando todos pensam da mesma forma é porque ninguém está a pensar."
(Lippman)

JÚRI

Presidente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva
Professor Adjunto, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

<Grau Académico e Nome>

<Categoria, Instituição>

AGRADECIMENTOS

Desejo expressar o meu agradecimento a todos aqueles que, direta ou indiretamente contribuíram para a realização desta dissertação.

Ao Professor Doutor Francisco José Gomes da Silva por todo o apoio bibliográfico disponibilizado, assim como pela orientação ao longo da realização do trabalho e pela excelente capacidade de transmitir conhecimentos nas aulas em que fui seu aluno.

À Eng^a Sandra Ramos por toda a ajuda disponibilizada no tratamento estatístico de todos os dados operacionais.

Agradeço também a todos aqueles que foram meus professores no Instituto Superior de Engenharia do Porto, que, ao longo dos anos, contribuíram decisivamente para a minha formação.

À empresa Amorim Cork Composites e ao Dr. Daniel Silva por me ter dado a oportunidade de realizar esta dissertação.

Ao Eng.^o Américo Alves da Amorim Cork Composites por todo o apoio prestado. Foi sem dúvida uma inspiração ao longo dos quatro meses em que trabalhei sob a sua orientação.

Ao Eng.º Moisés Ribeiro pela oportunidade que me proporcionou ao atribuir-me um conjunto de desafios que muito contribuíram para o meu crescimento na Amorim Cork Composites.

Ao Dr. Carlos Duarte pela oportunidade que me deu, no final deste estágio, para poder continuar a responder aos desafios da Amorim Cork Composites.

E em especial aos meus pais pelo apoio incondicional e principalmente um enorme obrigado à minha esposa Lígia por toda a paciência e trabalho que teve comigo, assim como pela minha falta de disponibilidade que lhe causei ao longo desta jornada.

Aos meus amigos que me apoiaram e motivaram nos momentos difíceis.

PALAVRAS CHAVE

Cortiça, Eficiência, OEE, Ferramentas de Corte, Concaves, Moinho destroçador (MDT), Plataforma Operacional

RESUMO

A eficiência geral de equipamentos (OEE) tornou-se uma métrica industrial associada à produção bem-sucedida, revelando de forma imediata o nível de desempenho do processo relativamente ao planeamento. A otimização da eficiência de uma operação é complexa devido à diversidade de entidades constantemente em movimento paralelo, interagindo nos parâmetros chave: materiais, controlo do processo, qualidade, fiabilidade, desperdício, cadência, entrega, teste, entre outros. No âmbito da monitorização e controle da eficiência do processo produtivo na unidade de granulados, foi estudado qual o comportamento dos moinhos destroçadores (MDT).

Numa primeira fase deste estudo, houve necessidade de perceber quais eram os tempos improdutos, quais as avarias que mais vezes aconteciam e também quais as ferramentas que mais desgaste apresentavam, e que em suma contribuíam para um menor desempenho dos equipamentos. Rapidamente foi possível perceber que os componentes que apresentavam maior desgaste eram os concaves. Estes contribuem para uma enorme ineficiência do processo, não só pelo elevado desgaste apresentado em pouco tempo de vida, como também pelos tempos improdutos causados pela necessidade permanente de mudança de ferramentas. Foi realizado um estudo mais aprofundado sobre a composição química dos concaves, para melhor compreender o seu desgaste. Iniciou-se um conjunto de testes com outros materiais e processos de fabricação, com o objetivo final de tornar o equipamento mais eficiente, reduzindo os tempos improdutos na mudança de concaves. Este estudo encontra-se numa fase intermédia e irá culminar na elaboração de um artigo científico, que já se encontra em curso.

Dada a elevada quantidade de material ferroso que aparecia na matéria-prima, houve necessidade de projetar um eletroímã, para que este retirasse todo o material contaminante logo no início do processo. Com isto, pretendia-se reduzir o número de paragens, por um lado para não contaminar o produto final, e por outro lado para não danificar o equipamento, aumentando o tempo de vida útil.

Realizado o levantamento dos dados e o seu tratamento estatístico, foi possível identificar uma presença elevada de material rochoso em diversas fases do processo. Verificou-se que este material aumenta significativamente o número de avarias no transporte pneumático. Com este estudo foi possível identificar quais as fases do processo que estão a comprometer uma melhor eficiência do processo. Houve ainda lugar a um conjunto de ações de melhoria operacionais, entre elas a criação de uma plataforma informática de apoio às equipas operacionais.

Pode concluir-se no final desta dissertação que a perceção que a empresa pode agora ter sobre quais são as maiores ineficiências e qual o impacto que têm nos resultados económicos é bastante mais fiável.

KEYWORDS

Cork, Efficiency, OEE, Cutting Tools, Inserts, Cork breaker mill (MDT), Operating Platform

ABSTRACT

The overall equipment efficiency (OEE) has become an industry metric associated with the successful production revealing immediately the level of performance for the planning process. The optimization of the efficiency of an operation is complex due to the diversity of all the entities constantly in parallel motion, interacting in key parameters like the materials, process control, quality, reliability, waste, cadence, delivery, testing, among others. In the context of monitoring and controlling the efficiency of the production process granulates unit was studied the behavior of chippers mills (MDT).

In the first phase of this study there was a need to understand what were the most unproductive tasks, which failures were happening more often, which tools were presenting more wear, and also which tools were contributing more to a lower performance of the equipment. Quickly it was revealed that the components that were presenting more wear were the inserts. These contribute to a huge inefficiency of the process, not only for presenting a high wear in a short period of time, but also for having a lot of unproductive tasks mainly caused by the ongoing need for tools change. Further on was made a study on the chemical composition of the inserts that conducted to a better understand of what their wear was mostly about. Meanwhile a series of tests with other materials and manufacturing processes were made with the ultimate goal of having the most efficient equipment and reducing unproductive tasks when changing

the inserts. This study is now in an intermediate stage and will culminate in a scientific paper which is already underway.

Given the high amount of ferrous material that appeared in the raw material it was necessary to design an electromagnet so that it could withdraw all contaminating material early in the process. With this it was intended to reduce the number of stops during the process and to be able not to contaminate the final product and in the other hand not to damage the equipment increasing his lifetime.

Conducted the data survey and after making their statistical treatment it was possible to identify a high presence of rocky material at various stages of the process. It was found that this material significantly increases the number of failures in the pneumatic transport. With this study it was possible to identify the stages of the process that are compromising a better process efficiency. There was still room for a set of operational improvement initiatives including the creation of an IT platform to support operational teams.

It can be concluded at the end of this thesis that the perception that the company can now have on what are the biggest inefficiencies and what impact they have on economic performance is much more reliable.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

ACC	<i>Amorim Cork Composites</i>
ADENE	Agência para Energia
CIPR	Código Internacional de Práticas Rolheiras – CIPR
DAP	Declarações Ambientais de Produto
ESA	<i>European Space Agency</i>
EUA	Estados Unidos da América
INE	Instituto Nacional de Estatística
HSS	<i>High-Speed Steel</i>
HW	<i>Cemented Carbide</i>
HWF	<i>Coated Cemented Carbide</i>
HW UF	<i>Ultra Thin Monocrystalline Diamond</i>
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
MCD	<i>Monocrystalline Diamond</i>
MDT	<i>Moinho Destroçador</i>
NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
NP EN	Norma Portuguesa e Norma Europeia
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PCD	<i>Polycrystalline Diamond</i>
SWOT	<i>Acrónimo para Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
TPS	<i>Thermal Protection Systems</i>
UI	Unidade Industrial
UN	Unidade de Negócios
VEV	Variador Eletrónico de Velocidade

Lista de Unidades

kW	Kilowatt
MW	Megawatt

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – EVOLUÇÃO DAS EXPORTAÇÕES PORTUGUESAS DE CORTIÇA 2001-2015 [1]	28
FIGURA 2 – EVOLUÇÃO DAS IMPORTAÇÕES PORTUGUESAS DE CORTIÇA 2001 – 2015 [1]	29
FIGURA 3 -VISTA MICROSCÓPICA DA CORTIÇA	36
FIGURA 4 – ESPÉCIME DE CORTIÇA	36
FIGURA 5 - EXEMPLO DE SOBREIRO	37
FIGURA 6 – SOBREIRO: FAUNA E FLORA: (A) (B) FLORES; (C) FOLHA; (D) BOLOTA; (E) PORCO PRETO	38
FIGURA 7 – VISTA EM CORTE DE SOBREIRO	38
FIGURA 8 – MONTADO DE SOBRO	38
FIGURA 9 – PRODUÇÃO ANUAL DE CORTIÇA POR PAÍS	39
FIGURA 10 - TIPOS DE CORTIÇA FRUTO DO DESCORTIÇAMENTO	40
FIGURA 11 - ETAPA 1 DO DESCORTIÇAMENTO	41
FIGURA 12 - ETAPA 2 DO DESCORTIÇAMENTO	41
FIGURA 13 – ETAPA 3 DO DESCORTIÇAMENTO	41
FIGURA 14 - ETAPA 4 DO DESCORTIÇAMENTO	42
FIGURA 15 - ETAPA 5 DO DESCORTIÇAMENTO	42
FIGURA 16 - ETAPA 6 DO DESCORTIÇAMENTO	42
FIGURA 17 – PERÍODO DE REPOUSO DA CORTIÇA	43
FIGURA 18 – EXEMPLO DE ENGUIADO	45
FIGURA 19 – EXEMPLO DE PREGO	46
FIGURA 20 - EXEMPLO DE UM DESTROÇADOR	51
FIGURA 21 - EXEMPLO DE UM DESTROÇADOR DE ESTRELA	51
FIGURA 22 - EXEMPLO DE UM MOINHO DE MARTELOS	52
FIGURA 23 - EXEMPLO DE UM GRANULADOR	52
FIGURA 24 - EXEMPLO DE INSTALAÇÃO DE UM PULVERIZADOR	53
FIGURA 25 - EXEMPLOS DE FERRAMENTAS DE CORTE	54
FIGURA 26 - INFLUÊNCIA DAS PERDAS NO OEE [21]	60
FIGURA 27 - PRESENÇA DO GRUPO AMORIM NO MUNDO	72
FIGURA 28 – PARCELAS DE VENDA DO GRUPO AMORIM PELO MUNDO	73
FIGURA 29 – A CORTIÇA NA ARQUITETURA - SERPENTINE GALLERY (LONDRES)	73
FIGURA 30 – PAVIMENTO EM CORTIÇA – SAGRADA FAMÍLIA (BARCELONA)	74
FIGURA 31 – VENDAS DO GRUPO AMORIM POR PRODUTO	75
FIGURA 32 – VISTA AÉREA DAS INSTALAÇÕES DA AMORIM CORK COMPOSITES	75
FIGURA 33 – PRODUTOS QUE UTILIZAM GRANULADO DE CORTIÇA	77
FIGURA 34 - ANÁLISE SWOT MANUTENÇÃO DO SETOR	79
FIGURA 35 - DIAGRAMA <i>ISHIKAWA</i> - DESGASTE FERRAMENTAS DE CORTE	80
FIGURA 36 - TEMPO DE PARAGEM POR AVARIA	82

FIGURA 37 - NÚMERO DE INTERVENÇÕES POR EQUIPAMENTO	86
FIGURA 38 - NÚMERO DE INTERVENÇÕES POR TIPO DE INTERVENÇÃO	87
FIGURA 39 - TEMPOS IMPRODUTIVOS VS. POTENCIAIS GANHOS	87
FIGURA 40 - POTENCIAL GANHO SEM TI	88
FIGURA 41 - FREQUÊNCIA POR TIPO DE INTERVENÇÃO	89
FIGURA 42 - FREQUÊNCIA POR TIPO DE EQUIPAMENTO	89
FIGURA 43 - EXEMPLOS DE CONCAVES NOVOS VS. USADOS	90
FIGURA 44 - DESGASTE DE FLANCO	91
FIGURA 45 - CRATERIZAÇÃO	91
FIGURA 46 - ARESTA POSTIÇA	91
FIGURA 47 - DESGASTE TIPO ENTALHE	92
FIGURA 48 - DEFORMAÇÃO PLÁSTICA	92
FIGURA 49 - FISSURAS TÉRMICAS	92
FIGURA 50 - QUEBRA DE ARESTA	93
FIGURA 51 - CONCAVE: (A) NOVO; (B) USADO	93
FIGURA 52 - ARESTA: (A) NOVA; (B) USADA	94
FIGURA 53 - TIRA PESADOS 1ª TRITURAÇÃO	95
FIGURA 54 - TIRA PESADOS 3ª TRITURAÇÃO	95
FIGURA 55 - EVOLUÇÃO OEE 2016	101
FIGURA 56 - FLUXOGRAMA PROCESSO PRODUTIVO	102
FIGURA 57 - FLUXOGRAMA PRODUÇÃO DE GRANULADO	103
FIGURA 58 - FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DE ROLOS DE CORTIÇA	105
FIGURA 59 - FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DE PLACAS DE CORTIÇA	105
FIGURA 60 - INTERFACE DE BOAS VINDAS À PLATAFORMA OPERACIONAL	107
FIGURA 61 - INTERFACE DE LOGIN À PLATAFORMA OPERACIONAL	107
FIGURA 62 - INTERFACE DE SELEÇÃO DO TIPO DE REGISTO	108
FIGURA 63 - INTERFACE DE REGISTO DE PESAGENS	109
FIGURA 64 - INTERFACE DE REGISTO	109
FIGURA 65 - INTERFACE DE REGISTO DE TEMPOS IMPRODUTIVOS	110
FIGURA 66 - PROJETO DE INSTALAÇÃO DE UM ELETROÍMAN	111

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – METAS DE MELHORIA PARA AS PERDAS (ADAPTADO DE [19])	58
TABELA 2 – ESTRATÉGIAS A ADOTAR PARA O AUMENTO DO OEE (ADAPTADO DE [22])	61
TABELA 3 - ESTATÍSTICAS DO TEMPO DE PARAGEM POR TIPO DE AVARIA	82
TABELA 4 - INDISPONIBILIDADE (EM %) DO EQUIPAMENTO POR TIPO DE AVARIA	83
TABELA 5 - NÚMERO DE INTERVENÇÕES POR EQUIPAMENTO E POR ANO	84
TABELA 6 - NÚMERO DE INTERVENÇÕES POR TIPO DE INTERVENÇÃO E POR ANO	84
TABELA 7 - DURAÇÃO MÉDIA DA INTERVENÇÃO (DP) POR EQUIPAMENTO POR ANO	85
TABELA 8 - DURAÇÃO MÉDIA DA INTERVENÇÃO (DP) POR TIPO DE INTERVENÇÃO E POR ANO	85
TABELA 9 - POSSÍVEL GANHO SEM TI	88
TABELA 10 - CÁLCULO DE OEE JANEIRO 2016	97
TABELA 11 - CÁLCULO DE OEE FEVEREIRO 2016	98
TABELA 12 - CÁLCULO DE OEE MARÇO 2016	99
TABELA 13 - CÁLCULO DE OEE ABRIL 2016	100
TABELA 14 - CÁLCULO DE OEE MAIO 2016	101
TABELA 15 - MEDIDAS TRANSVERSAIS DE AUMENTO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DA INDÚSTRIA PORTUGUESA	133

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	28
1.1	Enquadramento	28
1.2	Objetivos	30
1.3	Metodologia	31
1.4	Estrutura	32
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	36
2.1	A Cortiça	36
2.1.1	O Sobreiro	37
2.1.2	Montado de Sobro	38
2.1.3	O Descortiçamento	39
2.1.4	Classificação da matéria-prima	43
2.1.5	Principais propriedades	46
2.2	Moagem da Cortiça	48
2.2.1	Razão para se efetuar a moagem	48
2.2.2	Processo de moagem	50
2.2.3	Equipamentos	50
2.2.4	Ferramentas	54
2.3	Manutenção	55
2.3.1	Tipos de manutenção	55
2.3.1.1	Manutenção corretiva	55
2.3.1.2	Manutenção preventiva	56
2.3.1.3	Manutenção preditiva	57
2.3.2	Indicadores de Eficiência (OEE geral e por equipamento)	57
2.3.3	<i>Total Productive Maintenance (TPM)</i>	61
2.4	Sustentabilidade (Energia)	62
2.4.1	A Energia	62
2.4.2	A Gestão da Energia e a Eficiência Energética na Indústria	62
2.4.3	O plano da gestão energética	63
2.4.3.1	Auditoria Energética	63

2.4.4	Medidas de Eficiência Energética	64
3	DESENVOLVIMENTO	72
3.1	A Corticeira Amorim	72
3.1.1	Produtos	74
3.2	Caracterização da Amorim Cork Composites	75
3.3	Objetivos específicos	77
3.4	Caracterização dos principais problemas	78
3.4.1	Principais tipos de avarias	78
3.4.2	Adequabilidade de cada tipo de manutenção aos equipamentos de moagem	78
3.4.3	Análise SWOT às formas de manutenção neste sector	78
3.4.4	Análise “ <i>Ishikawa</i> ” de desgaste da ferramenta de corte	79
3.5	Análise da eficiência do processo	96
3.5.1	Levantamento da situação inicial	96
3.6	Processo produtivo	102
3.6.1	Etapas do processo	102
3.6.2	Caracterização do processo	103
3.6.3	Fluxo de informação	105
3.6.4	Planeamento da produção	105
3.7	Implementação de soluções	106
3.8	Análise económica do <i>Pay-Back</i>	111
3.9	Novas ideias de melhoria	112
4	CONCLUSÕES	118
4.1	CONCLUSÃO	118
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO	126
5.1	BIBLIOGRAFIA	126
6	ANEXOS	133

6.1 ANEXO 1	133
6.2 ANEXO 2	134
6.3 ANEXO 3	135
6.4 ANEXO 4	136

INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO

1.2 OBJETIVOS

1.3 METODOLOGIA

1.4 ESTRUTURA

1 INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

As exportações portuguesas de cortiça registaram, em 2015, um aumento de 6,3% face a 2014, o que significou um valor de 899,3 milhões de euros, segundo os dados provisórios lançados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE). No que toca ao volume exportado, a tendência foi contrária, sendo que de 2014 para 2015 registou-se uma diminuição de 2,5 por cento, o que significou uma descida de 182 milhares de toneladas para 177,4 milhares de toneladas (Figura 1) [1].

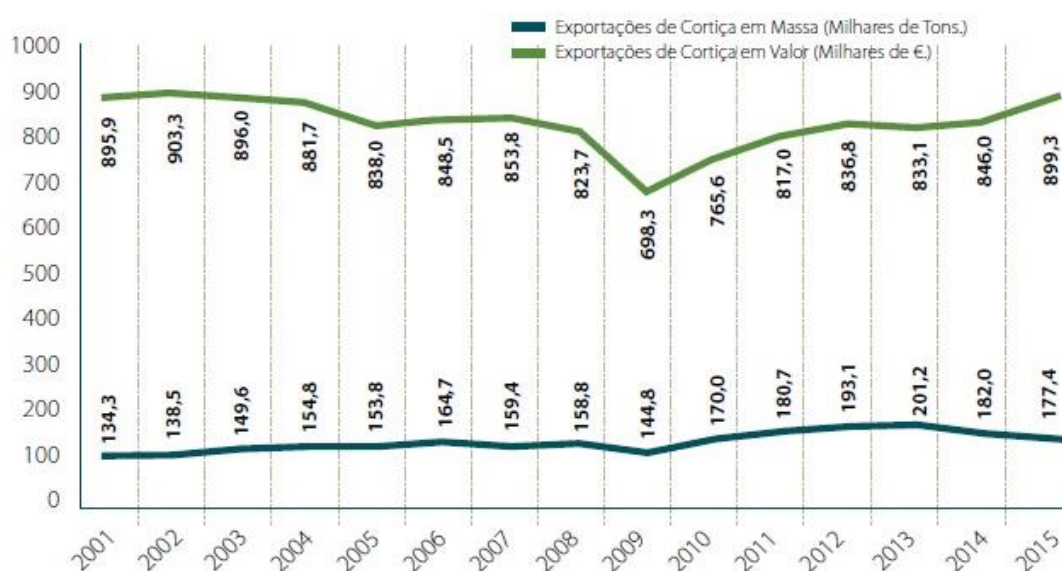


Figura 1 – Evolução das exportações portuguesas de cortiça 2001-2015 [1]

Ao comparar o valor das exportações de cortiça com as exportações de bens do país, regista-se que o sector teve um aumento duas vezes maior, já que o aumento das exportações portuguesas registou um acréscimo de apenas 3,6% face a 2014. De notar, ainda, que as exportações portuguesas de cortiça representam 1,8% das exportações portuguesas.

Em relação às importações portuguesas de cortiça, no ano de 2015, registou-se um aumento de 7,5% em valor e uma diminuição de 4,3% em massa, em relação ao período homólogo do ano anterior, atingindo valores de 142 milhões de euros e 69,8 milhares de toneladas (Figura 2).

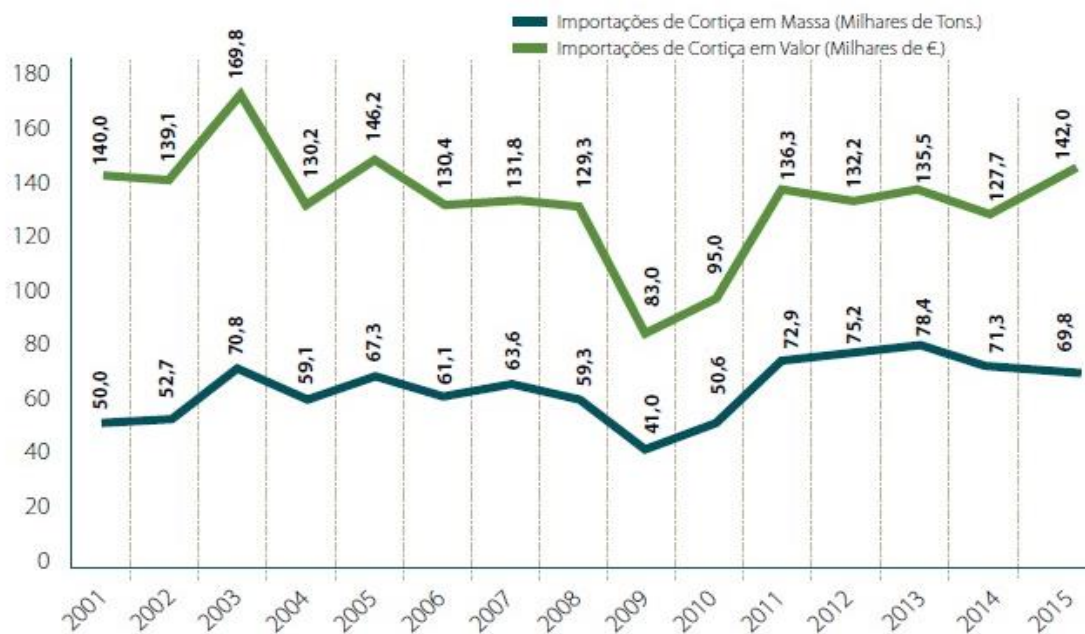


Figura 2 - Evolução das importações portuguesas de cortiça 2001 – 2015 [1]

Da conjugação dos dados anteriormente apresentados, resulta que o saldo da balança comercial de produtos de cortiça, em 2015, cifrou-se em 757,3 milhões de euros, o que equivale a uma taxa de cobertura das exportações face às importações de 633%.

Todavia e apesar destes números expressivos, deu-se em 2009 uma queda no consumo de cortiça que pode ser observada na Figura 1. Depois desta quebra, em 2009, causada pela crise económica na Europa, o sector da cortiça tem vindo a recuperar, conseguindo superar as pressões existentes.

Num ambiente cada vez mais competitivo e em que o nível de serviço exigido pelos clientes é cada vez maior, só as empresas que conseguem diversificar o seu portfólio de atividades e apresentar processos eficientes e com baixo custo é que conseguem resistir. É neste contexto que surge o presente trabalho, em colaboração com a empresa ACC - Amorim Cork Composites. Esta empresa pertence ao Grupo Amorim, que é líder mundial no sector da cortiça e destacou-se, recentemente, pela expansão para mercados não afetados pela crise europeia, sendo que, neste momento, o maior país consumidor dos seus produtos são os EUA. Destaca-se, também, esta organização pela recorrente aposta em Inovação e Desenvolvimento, sobretudo para melhoria dos seus processos e produtos.

O presente trabalho terá maior incidência no processo produtivo de granulados de diferentes compósitos, onde serão alvo de estudo os sistemas de trituração e granulação, procurando desta forma otimizar processos e torná-los o mais eficientes possível, encontrando as melhores soluções para os problemas que se depararam a este trabalho [1].

1.2 Objetivos

A realização deste trabalho visou melhorar a eficiência dos sistemas de trituração e granulação. Para este efeito foi importante perceber o funcionamento dos mesmos, identificando as capacidades de produção, os tempos de paragem e as avarias.

Ao longo do presente trabalho identificaram-se e registaram-se as paragens e as avarias, dissecando a sua tipologia, as suas causas e frequência de ocorrência. Com base na tipologia e procedendo a um estudo das peças que estiveram na origem de algumas avarias, foram traçadas algumas sugestões de melhoria, com vista a tentar diminuir a sua ocorrência.

Este trabalho aborda também o estudo da eficiência global de equipamentos de trituração, como forma de gestão e monitorização da melhoria contínua dos mesmos numa empresa do ramo da cortiça. A eficiência global é utilizada na metodologia TPM – *Total Productive Maintenance*, onde é proposto um indicador conhecido na literatura internacional como OEE - *Overall Equipment Effectiveness*. O objetivo principal consiste em estudar e desenvolver o indicador de eficiência global de equipamentos de trituração aplicado à indústria corticeira, definindo os índices que compõem o cálculo da eficiência. A eficiência deve ser avaliada considerando tanto as perdas existentes nos equipamentos, como a metodologia TPM, quanto as perdas por gestão, que se caracterizam por perdas não associadas diretamente ao equipamento, porém impedem que este permaneça em produção. São exemplos de perdas por gestão as paragens de produção por falta de matéria-prima, falta de ferramenta, falta de operador, entre outros.

Como outros objetivos, pretende-se determinar uma tipologia de paragens dos equipamentos que considere todas as interrupções possíveis dos mesmos,

relacionando-as com as perdas e esclarecendo a forma de recolha de dados no chão de fábrica.

Por fim, este trabalho pretende discutir, através de um caso de estudo, como a eficiência global pode auxiliar na melhoria contínua dos equipamentos, através de análises sistemáticas dos índices de disponibilidade, performance e qualidade.

1.3 Metodologia

Apresenta-se nesta secção a metodologia a seguir para o desenvolvimento do trabalho a ser realizado ao longo da presente dissertação de mestrado.

Resumidamente, para a elaboração da presente dissertação será feita a seguinte abordagem:

- Seleção dos modelos de moinhos a estudar;
- Levantamento dos registos de avarias referentes a todos os moinhos daqueles modelos nos últimos anos;
- Mapeamento do tipo de avarias;
- Análise da frequência com que os mesmos têm ocorrido;
- Mapeamento das causas que poderão ter estado na origem desses problemas;
- Elaboração de sugestões de melhoria que possam contribuir para a redução do número de ocorrências dessas avarias;
- Redação da presente dissertação.

A metodologia aqui descrita indica a abordagem a seguir ao longo do presente trabalho, para a resolução do problema que originou a realização da presente dissertação de mestrado.

1.4 Estrutura

A estrutura deste trabalho está assente essencialmente em duas partes: uma Revisão Bibliográfica inicial, onde se pretende enquadrar o leitor com os temas envolvidos nesta dissertação, passando em revista os desenvolvimentos técnicos e científicos que foram publicados em livros e periódicos científicos dedicados à matéria, e o Desenvolvimento do Trabalho Prático propriamente dito, com referência pormenorizada à abordagem realizada aos problemas sentidos com diferentes sistemas de trituração.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CORTIÇA

2.2 MOAGEM DA CORTIÇA

2.3 MANUTENÇÃO

2.4 SUSTENTABILIDADE (ENERGIA)

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Cortiça

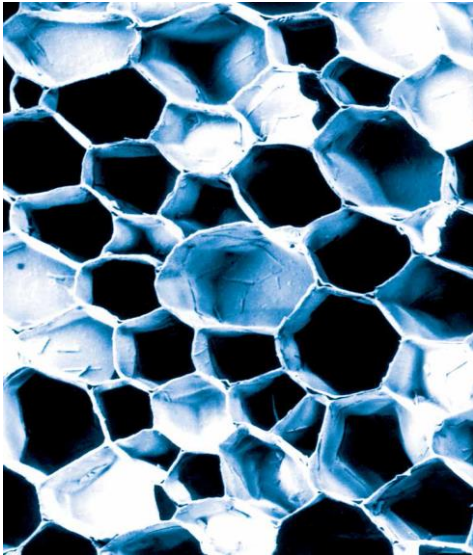


Figura 3 -Vista microscópica da cortiça

A cortiça é um material cujas aplicações são conhecidas desde a Antiguidade, sobretudo como artefacto flutuante e como vedante, cujo mercado, a partir do início do século XX, teve uma enorme expansão, designadamente face ao desenvolvimento de aglomerados diversos à base de cortiça. Por definição, a cortiça é o parênquima suberoso originado pelo meristema subero-felodérmico do sobreiro (*Quercus suber L.*), constituindo o revestimento do seu tronco e ramos. Macroscopicamente, é um material leve, elástico e praticamente impermeável a líquidos e gases, isolante térmico e elétrico e absorvedor acústico e vibrático, sendo também inócuo e praticamente imputrescível, apresentando a capacidade de ser comprimido sem expansão lateral. Microscopicamente, a cortiça é constituída por camadas de células de aspeto alveolar (Figura 3), cujas membranas celulares possuem um certo grau de impermeabilização e estão cheias de um gás semelhante ao ar, que ocupa cerca de 90 por cento do volume [2]. Num único centímetro cúbico da cortiça contam-se quase 40 milhões de células – cerca de 800 milhões numa só rolha de cortiça.

Quando a cortiça (Figura 4) é comprimida, as suas células encurvam e dobram, não lhe conferindo praticamente qualquer expansão lateral, havendo uma posterior recuperação. A cortiça é também um material que dissipa a energia de deformação. Possui uma massa volúmica média de cerca de 200 kg/m^3 , e uma baixa condutividade térmica.



Figura 4 – Espécime de cortiça

A cortiça possui ainda uma notável estabilidade química e biológica e uma boa resistência ao fogo [2].

2.1.1 O Sobreiro

Carl Linnaeus criou o sistema de identificação das espécies, a taxinomia binária, que classifica género e espécie e, assim, designou a nomenclatura botânica do sobreiro – *Quercus Suber L.* [3].

O sobreiro (Figura 5) pertence a um pequeno subgrupo de espécies europeias e asiáticas e os seus parentes mais próximos são os carvalhos do oriente da Bacia Mediterrânica (*Quercus cerris*, *Quercus trojana*, *Quercus macrolepis*).



Figura 5 - Exemplo de Sobreiro

O sobreiro (Figura 6) é originário da Bacia do Mediterrâneo Ocidental, onde encontra as condições ideais para o seu crescimento:

- Solos arenosos sem calcário, com baixo nível de azoto e fósforo, elevado nível de potássio e valores de pH entre 4,8 e 7,0;
- Precipitação de 400 - 800 mm por ano;
- Temperatura entre -5°C e 40°C;
- Altitude de 100 - 300 m.



Figura 6 – Sobreiro: Fauna e Flora: (a) (b) Flores; (c) Folha; (d) Bolota; (e) Porco Preto

As Flores

As masculinas, apresentam 4 a 6 pétalas em amarelo esverdeado rosadas na margem.

As femininas são protegidas por uma cúpula escamosa (Figura 6 (a), (b)).

A Folha

É verde escura, denticular e da sua nervura central sinuosa saem 5 a 8 pares de nervuras secundárias. Mede 25 a 100 mm x 12 a 65 mm (Figura 6 (c)).

A Bolota, Glande, Lande

É o fruto do sobreiro e semente para novos sobreiros. É a base alimentar do Porco Preto Alentejano, raça autóctone que tem como *habitat* natural o montado do Alentejo, onde vive em plena liberdade (Figura 6 (d), (e)).



Figura 7 – Vista em corte de sobreiro

A Casca

É um tecido formado por microcélulas a que se dá o nome de cortiça (Figura 7).

A Madeira

É um bom combustível para lenha e carvão [3].

2.1.2 Montado de Sobro

Os montados de sobro (florestas de sobreiros) (Figura 8) ocupam uma área estimada de mais de 2,2 milhões de hectares na bacia do Mediterrâneo Ocidental. Portugal, Espanha, Marrocos e Argélia detêm cerca de 90% da área de distribuição da espécie. Da extensão total de montado de sobro, extraem-se



Figura 8 – Montado de Sobro

anualmente cerca de 340 mil toneladas de cortiça. Portugal, que detém um terço da área global de sobreiros, é o maior produtor, sendo responsável por 55% da transformação mundial [1].

Na Figura 9 poderá ver-se a distribuição da produção de cortiça por país na zona Mediterrânica. O sector da cortiça desempenha um papel especialmente importante nestes países, quer no plano económico, quer social e ambiental.

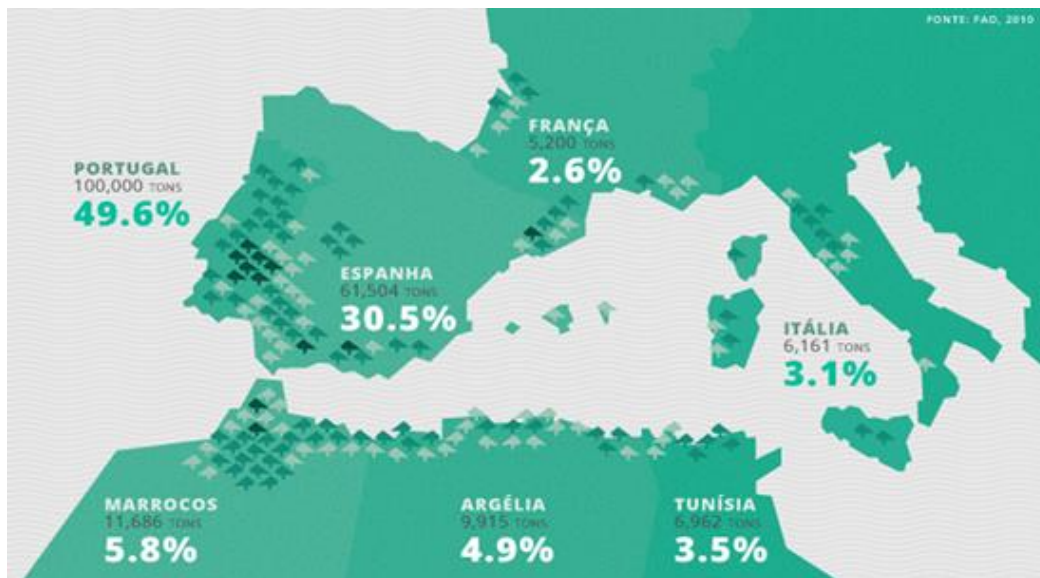


Figura 9 – Produção anual de cortiça por País

Em Portugal, onde o sobreiro é a Árvore Nacional e ocupa 23% da área florestal do país, tem-se vindo a desenvolver importantes reflorestações a um ritmo de dez mil hectares por ano, ou seja um crescimento anual na ordem dos 4% [1].

2.1.3 O Descortiçamento

O ciclo de vida da cortiça, enquanto matéria-prima, começa com a extração da casca aos sobreiros. É o chamado descortiçamento que se realiza durante a fase mais ativa do crescimento da cortiça, entre meados de maio ou princípios de junho até meados ou fim de agosto [4]. São precisos 25 anos até que um tronco de sobreiro comece a produzir cortiça e a ser rentável. Cada tronco tem que atingir um perímetro de cerca de 700 mm quando medido a 1,3 metros do chão. A partir de então, a sua exploração durará em média 150 anos. Neste primeiro descortiçamento, a chamada desbóia, obtém-se uma cortiça de estrutura muito irregular e com uma dureza que se torna difícil de trabalhar.

É a chamada cortiça virgem, que será utilizada em outras aplicações que não as rolhas (como pavimentos, isolamentos, etc.), já que está longe de apresentar a qualidade necessária para esse fim.

Nove anos depois, no segundo descortiçamento, obtém-se um material com uma estrutura regular, menos duro, mas ainda impróprio para o fabrico de rolhas e que se designa por cortiça secundeira.

É só no terceiro descortiçamento, e nos seguintes, que se obtém a cortiça com as propriedades adequadas para a produção de rolhas de qualidade, uma vez que já apresenta uma estrutura regular com costas e barriga lisas. É a chamada cortiça amadia ou de reprodução (Figura 10). A partir desta altura, o sobreiro fornecerá, de nove em nove anos, cortiça com boa qualidade durante cerca de século e meio, produzindo, em média, quinze descortiçamentos durante toda a sua vida [4].

O descortiçamento do sobreiro é um processo ancestral que só pode (e deve) ser feito por especialistas: os descortidores. Para não danificar a árvore, é necessária habilidade manual e muita experiência [4]. O descortiçamento é executado em seis etapas:

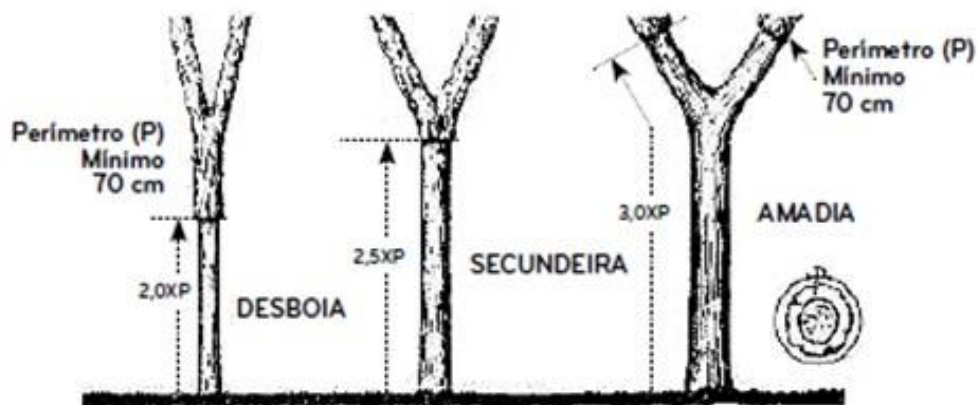


Figura 10 - Tipos de cortiça fruto do descortiçamento

1. Abrir



Figura 11 - Etapa 1 do descortiçamento

Golpeia-se a cortiça no sentido vertical, escolhendo a fenda mais profunda do enguiado (as ranhuras da casca). Ao mesmo tempo, torce-se o gume do machado para separar a prancha do entrecasco. É possível calcular o grau de dificuldade de cada extração pelo “toque” do machado. Ao aplicar-se o gume do machado sobre a prancha, e se a cortiça estiver a “dar bem”, ouve-se um som

oco característico do rasgamento. Quando está a “dar mal”, o machado emite um som curto, firme e seco (Figura 11).

2. Separar

Em seguida, separa-se a prancha com a introdução do gume do machado entre a barriga da prancha e o entrecasco. Depois, executa-se um movimento de torção do machado entre o tronco e a cortiça que se pretende separar (Figura 12).

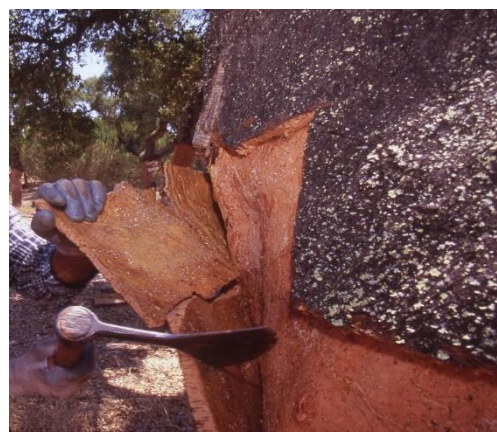


Figura 12 - Etapa 2 do descortiçamento

3. Traçar



Figura 13 – Etapa 3 do descortiçamento

Com um corte horizontal, delimita-se o tamanho da prancha de cortiça a sair e aquela que fica na árvore. Durante a traçagem, são frequentes as sequelas deixadas no entrecasco e, por vezes, estas mutilações acabam por alterar a geometria do tronco (Figura 13).

4. Extrair

A prancha é cuidadosamente retirada da árvore para não se partir. Quanto maiores forem as pranchas extraídas, maior será o seu valor comercial. É a destreza e a habilidade dos descortidores que permitem a obtenção das pranchas por inteiro. Retirada a primeira prancha, repetem-se estas operações para libertar todo o tronco (Figura 14).



Figura 14 - Etapa 4 do descortiçamento

5. Descalçar



Figura 15 - Etapa 5 do descortiçamento

Após a extração das pranchas, mantêm-se aderentes alguns fragmentos de cortiça junto à base do tronco. Para retirar os possíveis parasitas que existam nos calços do sobreiro, o descortizador dá algumas pancadas com o olho do machado (Figura 15).

6. Marcação

Finalmente, marca-se a árvore, usando o último algarismo do ano em que foi realizada a extração (Figura 16).



Figura 16 - Etapa 6 do descortiçamento

Período de repouso



Figura 17 – Período de repouso da cortiça

Após o descortiçamento, as pranchas de cortiça são empilhadas na floresta ou em estaleiros dentro da fábrica (Figura 17). Aí permanecem expostas ao ar livre, ao sol e à chuva. No entanto, todas as pilhas são formadas tendo em conta regras próprias e muito restritas (definidas pelo Código Internacional de Práticas Rolheiras – CIPR), de forma a permitir a estabilização da cortiça. Devem ser empilhadas sobre materiais que não contaminem a cortiça e que evitem o seu contacto com o solo. A madeira, por

exemplo, é expressamente proibida por poder transmitir fungos. Durante este período de repouso dá-se a maturação da matéria-prima e a cortiça estabiliza. Segundo o CIPR, o tempo de repouso das pranchas nunca deve ser inferior a seis meses [4].

2.1.4 Classificação da matéria-prima

Sendo a cortiça um material natural, apresenta uma acentuada variabilidade no que diz respeito à sua qualidade. Como forma de classificar comercialmente o tecido suberoso, dividem-se usualmente as cortiças de escolha nas seguintes classes de qualidade: Flor; 1º ou Superior; 2º ou Boa; 3º ou Média; 4º; 5; 6º; e por último Refugo, nos casos em que os defeitos, independentes ou associados na mesma prancha, adquirem uma grande intensidade [5].

Esta classificação, que tem nas primeiras quatro classes de qualidade as melhores cortiças, encontra-se dependente fundamentalmente de três fatores [5]:

- **Calibre ou espessura** – a espessura da cortiça, produzida num intervalo de criação de nove anos, encontra-se antes de mais dependente da taxa de crescimento derivada da atividade meristemática do felogene. Esta, por sua vez, depende de fatores externos relacionados com as condições climáticas e com fatores internos à própria árvore relacionados com a estrutura celular. Entre os

fatores externos que influenciam a taxa de crescimento da cortiça contam-se a temperatura e a precipitação. O crescimento é especialmente favorecido em anos em que o Inverno anterior foi ameno e a precipitação total superior a 500 mm, sendo igualmente importantes as chuvas que ocorrem no final da Primavera referente a um determinado ano de crescimento radial [5].

Para fins comerciais, as cortiças de escolha (flor, superior, boa e média) podem ser classificadas quanto à espessura da seguinte forma (NP 298, 1993) [35]:

- **Delgadinha** – $14 \text{ mm} < d \leq 22 \text{ mm}$ [6,2 – 9,8 linhas];
- **Delgada** – $22 \text{ mm} < d \leq 27 \text{ mm}$ [9,8 – 12,0 linhas];
- **Meia Marca** – $27 \text{ mm} < d \leq 32 \text{ mm}$ [12,0 – 14,2 linhas];
- **Marca** – $32 \text{ mm} < d \leq 40 \text{ mm}$ [14,2 – 17,7 linhas];
- **Grossa** – $40 \text{ mm} < d \leq 54 \text{ mm}$ [17,7 – 23,9 linhas];
- **Triângulo** – $d \geq 54 \text{ mm} \geq 23,9$ linhas.

De acordo com a NP 298 (1993) [35], industrialmente também é costume expressar o calibre das pranchas em termos de «linhas», sendo o fator de conversão o seguinte: 1linha \approx 2,256 mm.

- **Porosidade** – o “poro” é a secção transversal dos canais lenticulares e a porosidade refere-se à forma, dimensões e distribuição dos poros em cortes executados tangencialmente nas pranchas, perpendicularmente ao eixo dos canais lenticulares. A porosidade merece especial destaque pela importância quase decisiva que tem na qualidade da cortiça. Do ponto de vista fisiológico, os canais lenticulares são fundamentais para permitir a comunicação dos tecidos vivos da árvore com o ambiente externo, porém do ponto de vista tecnológico são um fator desvalorizador [5].

As cortiças, quanto à sua porosidade (ao nível do DAP – Declarações Ambientais de Produto) são classificadas da seguinte forma [5]:

- Pouco porosas – $P < 2\%$;
- Medianamente porosas – $2\% < P < 4\%$;
- Muito porosas – $4\% < P < 6\%$;
- Bofe – $P > 6\%$.

Em geral, a porosidade da cortiça varia entre 0,3% e 6%, podendo no entanto chegar a valores da ordem dos 30%. As cortiças que apresentem uma porosidade superior a 10% são normalmente excluídas para a produção de rolhas, sendo estas destinadas à produção de aglomerados.

No entanto, os defeitos na cortiça não se limitam à porosidade excessiva. Os defeitos que a cortiça manifesta têm origem em causas intrínsecas relacionadas com o processo pelo qual se dá a sua produção na árvore, e também por causas relacionadas com agentes externos, bióticos ou abióticos.

Os defeitos intrínsecos da cortiça são especialmente o **verde**, o **enguiado**, a **terra** e o **prego** [5].

O **verde** é um defeito da cortiça que se traduz por teores de humidade extremamente elevados (400%-500%) e cujas causas são até agora desconhecidas.



Figura 18 – Exemplo de enguiado

O **enguiado** (Figura 18) surge como sulcos pronunciados, orientados longitudinalmente na costa das pranchas, podendo causar discontinuidades nas primeiras camadas de cortiça que foram produzidas. Este defeito afeta principalmente pranchas de cortiça secundária, cujas árvores

produtoras têm troncos delgados com elevadas taxas de crescimento radial, bem como cortiças amadrias de rápido crescimento (além das cortiças virgens onde este defeito se manifesta sempre e de forma muito pronunciada).

A **terra** resulta de uma anomalia no funcionamento da felogene, frequentemente da felogene lenticular, que em vez de produzir células suberosas típicas, coladas entre si, produz um tecido frouxo, pulverulento, de células arredondadas que deixam entre si espaços vazios e cujas paredes nem sempre suberificam, preenchendo os canais lenticulares [39]. Ocorre principalmente em cortiças com um tipo especial de porosidade em que os poros apresentam um perfil longitudinalmente cônico. Quando este defeito se manifesta com frequência, as cortiças são denominadas de “terrentas” ou “barrentas”, e nos casos mais graves inutilizam a produção de obras de cortiça natural [5].

O **prego** (Figura 19) é a designação dada às inclusões de tecidos subjacentes à felogene que surgem no parênquima suberoso, defeito que caracteriza as cortiças designadas por “preguntas” ou “madeirentas”.

Este defeito inutiliza muitas vezes as pranchas de cortiça, que apresentam neste caso um relevo na barriga e na costa muito irregular e característico [5].

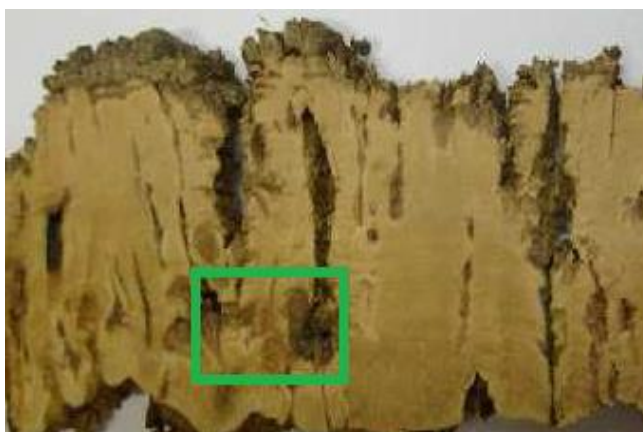


Figura 19 – Exemplo de prego

2.1.5 Principais propriedades

A cortiça é uma matéria-prima tão perfeita que até hoje nenhum processo industrial ou tecnológico a conseguiu igualar [6]. Algumas propriedades da cortiça:

- **Leve**
Mais de 50% do seu volume é ar, o que a torna muito leve - pesa apenas 0,16 gramas por centímetro cúbico e flutua.
- **Elástica e compressível**
É o único sólido que ao ser apertado num dos lados, não aumenta de volume no outro. Possui ainda uma ‘memória elástica’ que lhe permite adaptar-se a variações de temperatura e de pressão. Esta característica deve-se à mistura

gasosa entre cada célula, que facilita a sua compressão até cerca de metade da sua largura e regressando à forma original após descompressão.

- **Impermeável a líquidos e a gases**

Graças à suberina e aos ceróides presentes nas paredes das células, a cortiça é impermeável a líquidos e a gases. A sua resistência à humidade permite-lhe envelhecer sem se deteriorar.

- **Excelente capacidade de isolamento térmico e acústico**

A cortiça tem uma baixa condutividade de calor, som e vibração. Isto acontece porque os elementos gasosos que contém estão fechados em pequenos compartimentos impermeáveis e isolados uns dos outros.

- **Combustão lenta**

A cortiça é um retardador natural de fogo: não faz chama nem liberta gases tóxicos durante a combustão.

- **Elevada resistência ao atrito**

O facto de as suas células serem formadas por microscópicas almofadas gasosas, torna a cortiça muito confortável. Mais do que confortável, é saudável, pois a capacidade de absorver os choques alivia a pressão sobre os pés, protegendo as articulações e a coluna.

- **Hipoalergénica**

Como não absorve pó, contribui para a proteção contra alergias.

- **Suave ao toque**

Em termos sensoriais, é um produto suave ao toque, com um odor muito característico, não intrusivo, levemente adocicado. Com uma temperatura natural muito aproximada à do corpo humano, transmite uma sensação de conforto difícil de replicar com qualquer outro material [6].

2.2 Moagem da Cortiça

2.2.1 Razão para se efetuar a moagem

O processamento industrial da cortiça é feito numa perspetiva de maximizar o aproveitamento e a valorização da matéria-prima, incluindo deste modo diferentes linhas de produção e produtos.

Um dos objetivos da transformação é produzir objetos de cortiça natural. A matéria-prima que não é adequada para tal, assim como os subprodutos do seu fabrico, são triturados e aglomerados, dando origem a produtos de cortiça aglomerada de diferentes tipos [7].

Produtos de cortiça aglomerada

Os aglomerados constituem, em termos económicos, o segundo produto mais importante da indústria corticeira, a seguir às rolhas. O seu aparecimento permitiu o aproveitamento das cortiças de qualidade inferior e dos desperdícios provenientes do fabrico de rolhas, abrindo a possibilidade da utilização integral de toda a cortiça produzida [7].

Durante o fabrico das rolhas de cortiça natural são originados desperdícios (pó, aparas, rolhas defeituosas, bocados) que representam cerca de 75% a 80% do peso inicial da cortiça preparada. Estes desperdícios são utilizados, juntamente com as cortiças virgem, secundária e amadia de menor qualidade, no fabrico de aglomerados de cortiça. Para tal são previamente triturados, obtendo-se o que se designa por granulado de cortiça (ou seja, pedaços de cortiça com granulometria entre 0.25 mm e 22,4 mm) [41]. Esta operação de trituração é realizada em moinhos apropriados de vários tipos (principalmente moinhos de estrela), sendo que os granulados obtidos são de seguida passados por crivos adequados para a devida separação dimensional e densimétrica. Por último, antes de armazenar ou ensacar, os mesmos são secos [7].

Aglomerados compósitos

Os aglomerados compósitos pretendem conseguir um produto semelhante à cortiça natural mas permitindo a obtenção de produtos com formas geométricas mais complexas. Estes aglomerados, também chamados aglomerados brancos, são constituídos por grãos de cortiça unidos entre si por meio de aglutinantes, ligantes ou adesivos vários, alheios à própria cortiça [7].

O fabrico de aglomerados compósitos pode ser feito por prensagem em moldes ou por extrusão. Embora as condições específicas possam variar de acordo com os produtos pretendidos e o adesivo utilizado, os princípios de fabrico baseiam-se na mistura do granulado de cortiça com o adesivo e na prensagem e aquecimento para promover o contacto e a polimerização do adesivo [7].

No processo mais tradicional são produzidos blocos paralelepípedicos ou cilíndricos, que depois são cortados nas formas pretendidas. O granulado de cortiça é colocado num misturador onde se faz a adição do adesivo devidamente preparado (adesivo misturado com solvente ou plastificante, por exemplo), se possível por um pulverizador de aspersão para que a mistura fique homogénea. Esta mistura é vazada para o molde, de forma uniforme, a fim de garantir a homogeneidade dos blocos produzidos. Em seguida, os moldes são fechados e prensados. A operação de prensagem provoca uma redução do volume da mistura e facilita o contacto entre os grãos de cortiça e a distribuição do adesivo. Os moldes prensados passam depois para uma estufa, onde são aquecidos para facilitar a cura (polimerização) do adesivo [7].

Compósitos de cortiça com borracha

Este tipo de compósito de cortiça é um aglomerado que combina grãos de cortiça com borracha e é designado comercialmente por *rubbercork*. Estes aglomerados são utilizados como isolantes acústicos, vibráticos e elétricos em ambientes geralmente exigentes do ponto de vista de comportamento técnico, tais como as juntas de motores, o revestimento de pavimentos de alto desgaste ou os sistemas de isolamento acústico e vibrático em construção técnica e industrial [7].

A mistura da cortiça com a borracha procura aliar as propriedades dos dois materiais, evitando algumas das suas desvantagens.

2.2.2 Processo de moagem

Os granulados são obtidos através da ação de moinhos de estrelas ou de dentes (destroçadores), moinhos de martelos e moinhos de facas. Já os moinhos de atrito (mós) funcionam essencialmente como afinadores de granulometria e limpeza final.

É também efetuada uma secagem por circulação forçada de ar quente, para conferir ao granulado o grau de humidade desejado.

A granulometria final obtida é função do tipo de aglomerado a fabricar. A fase seguinte envolve a eliminação de impurezas, com o auxílio de separadores densimétricos (vibratórios), crivos e, eventualmente, separadores pneumáticos ou mantas rotativas. O granulado assim obtido é então ensilado e seco até se alcançar um teor de humidade ideal.

2.2.3 Equipamentos

Muitas vezes, os termos destroçador, triturador e granulador são usados alternadamente. Tendo em conta o elevado custo de aquisição de um sistema de trituração/granulação, devem ser tidos em conta um conjunto de fatores para que a escolha no ato da compra seja a mais acertada. Alguns dos principais elementos a ter em consideração devem ser:

- Identificar a capacidade do sistema em reduzir o produto à granulometria pretendida;
- Saber qual a capacidade de produção pretendida;
- Tipo de material que pretendo reduzir;
- Conhecer as características do material (densidade, grau de humidade, índice de fusão, dureza, etc.);
- Tamanho do material à entrada no sistema;
- Qual a forma de alimentar o sistema (manual ou mecânica);
- Estado do material na sua receção;
- Granulometria final pretendida;
- Qual o transporte mais adequado;
- Instalação de algum tipo de isolamento sonoro;

- Quantas horas/dia vai trabalhar.

Estes fatores vão determinar se o investimento deve ser feito em uma máquina trituradora, um moinho ou um granulador - ou talvez até mesmo uma combinação de duas ou mais máquinas. A única maneira de fazer essa determinação é analisar o material que pretendemos reduzir.



Figura 20 - Exemplo de um destroçador

Destroçador

Os destroçadores foram concebidos para desfazer grandes componentes. A fragmentação é normalmente levada a cabo numa máquina que apresenta baixa velocidade e elevado binário (Figura 20).

Destroçador de Estrelas

As altas produções obtidas, aliadas à maximização do aproveitamento de matéria-prima e aos baixos custos de manutenção, tornam estes equipamentos uma referência no meio corticeiro.

Os destroçadores de estrelas (Figura 21) são equipamentos ideais para partir em



Figura 21 - Exemplo de um destroçador de estrela

bocados (destroçar) a cortiça, falca ou aglomerados. Dimensionados e projetados para integrar as linhas de moagem, estes equipamentos podem ser equipados com motor redutor ou motor/volante de inércia.

O destroçador com motor redutor não possui nenhum sistema intrínseco de proteção mecânica ao equipamento, no entanto esta solução mecânica de acionamento permite, com uma instalação elétrica adequada (montagem com variador de frequência e inversão de marcha), fazer a proteção mecânica e elétrica. Assim, o desencravamento do equipamento é conseguido automaticamente através de uma rotina de inversão de marcha (via quadro elétrico) e até alarme em caso de bloqueio.

No caso do destroçador equipado com roda de balanço, é uma polia de gornes que se encontra aplicada entre dois rolamentos que evita a 'gripagem' entre prato/polia. O veio das estrelas está solidário com um prato unido à polia por um fusível mecânico, que protege a máquina contra cargas bloqueadoras das estrelas.



Figura 22 - Exemplo de um Moinho de Martelos

Moinho de Martelos

O moinho de martelos é um equipamento indicado para moer e triturar produtos sólidos, de pequenas e médias granulometrias (Figura 22).

Permite a fácil trituração e sem grande esforço destes produtos a granel, desde que estejam secos e sem humidades.

É um equipamento robusto e de grande capacidade de moagem, pelo que é o mais adequado para utilização em fábricas ou explorações onde se exige a produção de grandes quantidades de produto.

Granulador

O granulador tem a capacidade de reduzir certos materiais para um tamanho de partícula muito menor do que um destroçador (Figura 23). A razão para isto é que um granulador difere significativamente na conceção de um destroçador das seguintes maneiras: a maioria dos destroçadores tem um *design 'open rotor'*. Isto significa que há



Figura 23 - Exemplo de um Granulador

uma grande quantidade de espaço de ar em torno do rotor para agitação e arrefecimento do produto. O rotor aberto permite um melhor processamento de materiais mais leves, o que não seria adequado para um projeto de rotor fechado.

Os granuladores, por outro lado, apresentam um *design* de rotor fechado, ou seja, durante o processo estes rotores deixam muito pouco espaço ao produto para que este se movimente para além das arestas de corte.

Um granulador, com um *design* 'open rotor', é mais específico para aplicações onde se pretende reduzir materiais, conseguindo, desta forma, reduzir muito mais material do que um destroçador conseguiria.

O granulador é frequentemente utilizado como um processo posterior à trituração, ou seja, já recebe materiais que sofreram uma redução de tamanho.

Pulverizador

Nas áreas de aplicação industrial, os pulverizadores são vulgarmente apelidados de equipamentos para moagem fina, tratando-se assim de uma pulverização para um tamanho de menos de 1 mm. Para fazer isso, são usados - dependendo dos produtos - granuladores com um sistema de faca ou pulverizadores com um disco de impacto.

Estas unidades de moagem fina podem ser equipadas com uma vasta variedade de ferramentas de moagem e peneiramento, unidades estas que servem para a obtenção do produto final com as características desejadas (Figura 24).

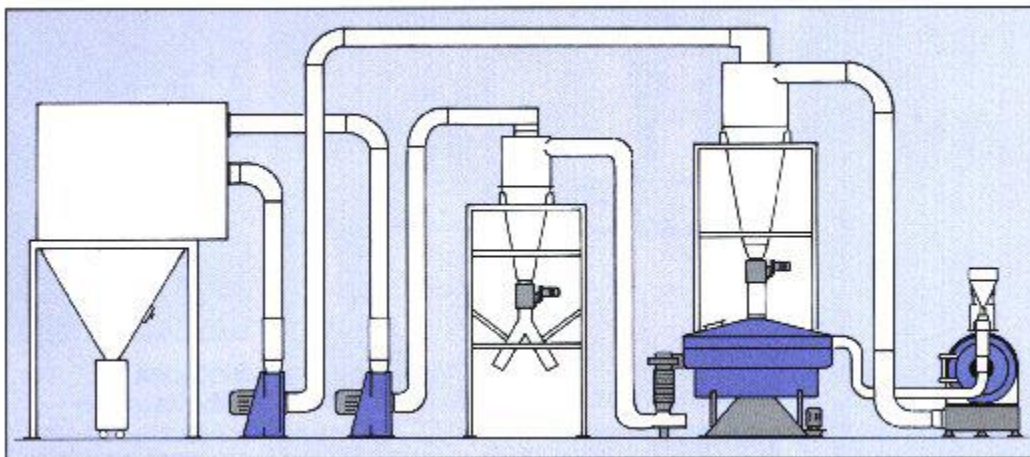


Figura 24 - Exemplo de instalação de um Pulverizador

2.2.4 Ferramentas

Devido ao progressivo aumento de procura, houve a necessidade do aumento de produção no sector corticeiro.



Figura 25 - Exemplos de ferramentas de corte

Ao longo das últimas décadas tem havido uma forte aposta no desenvolvimento das ferramentas de corte (Figura 25), visando maior qualidade, menor custo, maior rentabilidade, maior produtividade e maior facilidade de operação (*setup* rápido, simplicidade de pré-montagem, resistência, etc.).

Neste campo, existem vários tipos de material para a fabricação de ferramentas de corte para a cortiça, tais como:

- HSS → Aço Rápido;
- HW → Metal Duro;
- HWF e HW UF → Metal Duro Micro grão e Ultra fino, recentemente desenvolvido, chegando a durezas próximas à do Diamante sintético;
- PCD = Diamante Policristalino (Sintético) → Utilizado atualmente para ferramentas de trabalho contínuo;
- MCD = Diamante Monocristalino → Utilizado em Metais não ferrosos, principalmente o Alumínio.

2.3 Manutenção

2.3.1 Tipos de manutenção

Segundo a NP EN 13306 de 2007 [8], manutenção é a combinação de todas as ações técnicas, administrativas e de gestão, durante um ciclo de vida de um bem, destinadas a mantê-lo ou repô-lo num estado em que ele possa desempenhar a função requerida. Ainda segundo a mesma norma, a gestão da manutenção são todas as atividades de gestão que determinam os objetivos, a estratégia e as responsabilidades respeitantes à manutenção e que os implementam por diversos meios tais como o planeamento, o controlo e supervisão da manutenção e a melhoria de métodos na organização, incluindo os aspetos económicos. A manutenção é muito importante na indústria para que se produza o maior número de produtos sem que os equipamentos se avariem [9].

2.3.1.1 Manutenção corretiva

Raramente, ou nunca, ocorre uma falha num período oportuno ou conveniente. Mesmo que as falhas não provoquem danos consideráveis ou lesões nos operadores, estas originam paragens, logo atrasos na produção e necessitam de reparações não programadas e inesperadas. Desta forma, este tipo de manutenção torna-se a mais dispendiosa para qualquer organização [10].

A manutenção corretiva é efetuada quando se constata uma falha imprevisível de um determinado sistema. Quando se desenvolvem falhas, as quais se podem verificar de forma catastrófica, é efetuada manutenção corretiva de urgência, devido à sua imprevisibilidade. No entanto, caso a falha seja gradual, como por exemplo o aumento do ruído, a ação de manutenção pode ser programada para uma ocasião mais conveniente [11]. Segundo a Norma Europeia EN 13306:2010 [12], a manutenção corretiva é realizada após a ocorrência de uma falha e quando se pretende colocar um componente num estado em que se pode executar a função requerida. A manutenção corretiva pode ser imediata ou diferida [13]:

- **Manutenção imediata:** Este tipo de manutenção é executado após a deteção de uma falha para evitar consequências mais problemáticas;
- **Manutenção diferida:** Esta manutenção consiste em não atuar imediatamente após a deteção da falha, mas atrasando a sua intervenção de acordo com determinadas regras estipuladas.

2.3.1.2 Manutenção preventiva

Este tipo de manutenção consiste nas tarefas de manutenção realizadas em intervalos predeterminados ou de acordo com critérios estabelecidos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um determinado componente (EN 13306 (2010)) [12].

A manutenção preventiva pode ser dividida em dois grupos, manutenção sistemática ou manutenção condicionada [13]:

- **Manutenção Sistemática:** É uma manutenção preventiva realizada de acordo com intervalos fixos de tempo ou número de unidades em uso (EN 13306 (2010)) [12]. Trata-se assim de uma manutenção programada, sem investigação prévia de condição do equipamento.
- **Manutenção Condicionada:** É uma manutenção preventiva, que inclui uma combinação de condições de monitorização, inspeção, testes, análise e ações de manutenção consequentes. A aplicação desta manutenção é realizada através de uma previsão derivada da análise e avaliação dos parâmetros significativos de degradação do equipamento. O desempenho e a monitorização dos parâmetros podem ser programados, contínuos ou pedidos.

A manutenção preventiva abrange todas as medidas que contribuam para manter as condições normais de funcionamento de um determinado equipamento, podendo requerer a criação de planos de manutenção [14].

2.3.1.3 Manutenção preditiva

Manutenção preditiva é aquela que aponta para a realização de ajustes nas máquinas ou equipamentos apenas quando elas necessitam, porém sem que elas avariem ou parem. Com um acompanhamento direto e constante, é possível prever falhas e saber quando será necessário fazer uma intervenção [9].

2.3.2 Indicadores de Eficiência (OEE geral e por equipamento)

O OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) foi apresentado pela primeira vez por Nakajima. Esta ferramenta tem um papel proeminente na maximização da eficiência dos equipamentos pois, não só gera o resultado da eficiência como permite análises detalhadas a partir do seu cálculo. Desta forma, permite medir as melhorias implementadas com a metodologia TPM (*Total Productive Maintenance*), analisando as reais condições da utilização dos ativos da organização [15].

No início da década de 1980, após a introdução da manutenção produtiva total, a função manutenção ganhou reconhecimento como a principal contribuição para a eficácia global dos equipamentos (OEE) das empresas, sendo uma das principais medidas de utilização global de instalações [16]. O OEE é amplamente utilizado no TPM e no *Lean Manufacturing*. É uma quantificação do grau de eficiência do desempenho de uma empresa em relação à sua capacidade planeada, durante o tempo de execução planeado [17].

Atualmente, o OEE é considerado um *Key Performance Indicator* (KPI) amplamente utilizado na indústria moderna, o qual permite medir a eficiência de uma máquina, de uma linha de produção ou de uma unidade industrial [18]. A análise OEE envolve trabalho integrado e coordenado de forma a alcançar a máxima eficiência dos equipamentos, através da eliminação de seis grandes perdas. Essas perdas são:

- 1. Falha/falha do equipamento** – indisponibilidade do equipamento até que se consiga repor a condição inicial;
- 2. Setups e afinações** – normalmente associadas a mudanças de produção;

3. Pequenas paragens – interrupções dos ciclos provocadas por quebras intermitentes da linha de produção gerando paragens e arranques constantes;

4. Redução de velocidade relativamente ao definido – diferença entre a cadência de produção definida (teórica) e a que é conseguida na prática. Esta situação conduz a que se reduza a velocidade de trabalho dos equipamentos, permitindo que estes se mantenham em operação, encobrindo as reais causas do problema;

5. Defeitos de qualidade e retrabalho – produção não conforme, a qual pode ser causada pelo mau funcionamento do equipamento ou pelo operador;

6. Perdas no arranque (*start-up*) – após determinada paragem, as perdas no arranque acontecem nos equipamentos que possuem restrições técnicas, as quais obrigam a um período até à estabilização das condições de produção. Até serem repostos os parâmetros operacionais, mesmo que haja produção, não se consegue reunir os critérios de qualidade definidos [19].

Com a eliminação de cada uma das perdas é possível atingir determinadas metas, como se apresenta na Tabela 1 abaixo indicada:

Tabela 1 – Metas de melhoria para as perdas (Adaptado de [19])

PERDAS	META	MOTIVO
1- Falha/avaria	0	Reduzir para zero
2 – <i>Setups</i> e afinações	Minimizar	Reduzir os tempos de <i>setup</i> para menos de 10 minutos
3 – Pequenas Paragens	0	Reduzir para zero
4 – Redução de velocidade	0	
5 – Defeitos de qualidade e retrabalho	0	
6 – Perdas de arranque	Minimizar	Reduzir para zero

Uma das principais vantagens do OEE é que este pode ser dividido em três medidas, as quais podem ser facilmente determinadas: a disponibilidade, o desempenho e a qualidade.

O OEE resulta assim da multiplicação desses três fatores, como se encontra demonstrado na expressão (1) seguinte [19]:

$$\mathbf{OEE = DISPONIBILIDADE \times DESEMPENHO \times QUALIDADE} \quad (1)$$

A disponibilidade é definida como a porção de tempo planeado em que o equipamento está pronto para produção. O desempenho mede a velocidade com que o equipamento é operado durante o tempo de produção planeado, em relação à sua capacidade nominal. A qualidade mede a percentagem de produtos que atendem a qualidade mínima requerida [17].

A função manutenção afeta todas as medidas do OEE. Quanto à disponibilidade, esta é afetada pela manutenção, na medida em que todas as atividades de paragem planeadas reduzem a disponibilidade dos equipamentos, afetando, conseqüentemente, o OEE da empresa. Quanto ao desempenho, este diminui, pois após qualquer paragem não planeada é necessário atuar para que a taxa de produção volte à velocidade normal, levando ao desperdício de tempo. Em relação à qualidade, os equipamentos defeituosos e as falhas criam imperfeições no produto final, levando a desperdícios. Assim, a qualidade do produto será menor [17].

Ao conhecer o efeito da manutenção no OEE, verifica-se que esta deixou de ser vista como um custo, mas sim como um investimento, o qual terá grande retorno. Ao conseguir aumentar o OEE, mesmo que seja com uma pequena margem, é possível criar uma vantagem competitiva significativa pois, ao ser reduzido o custo de produção, a margem de lucro será maior, oferecendo maior flexibilidade no preço potencial do produto [17].

A disponibilidade pode ser calculada pela expressão (2) abaixo indicada [19]:

$$\mathbf{Disponibilidade} = \frac{\textit{Tempo de Operação}}{\textit{Tempo de produção planeada}} \quad (2)$$

O desempenho pode ser calculado pela expressão (3) abaixo indicada:

$$\mathbf{Desempenho} = \frac{\textit{Total de peças/Tempo de produção}}{\textit{Peças por ciclo}} \quad (3)$$

A qualidade pode ser calculada pela expressão (4) abaixo indicada:

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças boas}}{\text{Total de Peças}} \quad (4)$$

Baseando-se em experiências e resultados obtidos por empresas consideradas com elevado grau de desempenho em termos mundiais, o OEE de 85% deve ser considerado como uma meta ideal a atingir para os equipamentos [19].

Assim, de forma a atingir este valor, as empresas procuram atingir os seguintes indicadores [20].

- Disponibilidade > 90%;
- Desempenho > 95%;
- Qualidade > 99%.

As seis grandes perdas que influenciam diretamente a disponibilidade, o desempenho, a qualidade e, conseqüentemente, o indicador do OEE, poderão ser observadas na Figura 26 [19].



Figura 26 - Influência das perdas no OEE [21]

Sendo a melhoria do OEE um processo contínuo, significa que está frequentemente enquadrado em programas de manutenção preventiva.

Tal como é indicado na Tabela 2, é necessário definir estratégias, com o intuito de eliminar as perdas associadas a cada uma das componentes, adotando estratégias de prevenção [22].

Tabela 2 – Estratégias a adotar para o aumento do OEE (Adaptado de [22])

Perdas	Estratégias de eliminação	Estratégias de prevenção
1 – Falha/avaria	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reparação rápida e eficaz; ▪ Detetar e corrigir as causas das avarias 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manutenção preventiva; ▪ Manutenção centrada na fiabilidade (RCM)
2 – Setups e afinações	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reduzir tempo de mudança 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Conceber ou alterar equipamentos; ▪ Manutenção centrada na fiabilidade (RCM).
3 – Pequenas paragens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eliminação das pequenas paragens 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Automação; ▪ Autonomia; ▪ Modificar equipamentos para alimentação contínua
4 – Redução de velocidade	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Balanceamento das linhas de produção. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Engenharia da fiabilidade
5 – Defeitos de qualidade e retrabalho	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Detetar e corrigir as causas dos problemas de qualidade. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Manutenção da Qualidade. ▪ Ações Preventivas. ▪ Autonomia.
6 - Perdas de arranque	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Detetar e corrigir as causas das perdas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estudar e implementar as condições ideais de arranque. ▪ Modificar equipamentos e ferramentas.

O OEE permite o estudo de aspetos mais amplos da produção, não só a disponibilidade e desempenho do equipamento, mas também as perdas de eficiência que resultam de perdas de retrabalho e de rendimento [23]. Todos os departamentos devem trabalhar em parceria com o intuito de melhorar o OEE através da eliminação na origem, das muitas razões para a pouca manutibilidade, operabilidade e fiabilidade [24].

2.3.3 Total Productive Maintenance (TPM)

O *Total Productive Maintenance* (TPM) é mais do que apenas um programa de manutenção preventiva. É um processo formal que incorpora um aprofundado conhecimento das ferramentas e equipamentos utilizados no processo de maquinagem. Requer um conhecimento profundo dos processos produtivos, das ferramentas e

equipamentos que o suportam, um programa de seguimento para manutenção planeada, um inventário de peças sobressalentes, itens personalizáveis requeridos para o equipamento, formação dos operadores e do pessoal da manutenção e um compromisso organizacional da direção para com o processo TPM.

Não faria sentido o desenvolvimento desta ferramenta sem a aplicação direta das melhorias introduzidas no controlo do OEE num projeto deste nível, utilizado em vasta gama com reconhecido sucesso.

2.4 Sustentabilidade (Energia)

2.4.1 A Energia

A energia representa uma necessidade básica, com diversos propósitos, tendo-se tornado num elemento preponderante para a competitividade económica e rápido crescimento mundiais [25]. A chave para o desenvolvimento sustentável, aquele que procura dar resposta às necessidades das sociedades do presente, sem comprometer a capacidade de as gerações futuras darem resposta às suas próprias necessidades, passa pela utilização racional da energia e dos recursos naturais. Desta forma, é assegurado o equilíbrio entre o crescimento económico, o progresso social, e o equilíbrio ambiental [26].

2.4.2 A Gestão da Energia e a Eficiência Energética na Indústria

A indústria é responsável por cerca de um terço do consumo final de energia no mundo, e essa fatia continua a crescer. Se por um lado a eficiência energética tem vindo a melhorar constantemente, por outro lado verifica-se uma constante penalização da crescente industrialização mundial [27]. Torna-se assim importante uma gestão de energia rigorosa, o que envolve a monitorização sistemática, a análise e o planeamento da utilização de energia, permitindo às empresas melhorar o desempenho energético e a redução da fatura energética [27].

Perante o problema do consumo intensivo de energia das indústrias, houve a necessidade de adotar medidas capazes de racionalizar estes gastos e minimizar os

prejuízos associados, tornando-as mais eficientes e sustentáveis. A eficiência energética industrial implica a otimização de todos os sistemas e atividades que, de forma direta ou indireta, dependem do recurso à energia. A sua aplicação potencia a redução dos desperdícios energéticos e a minimização das despesas, sem que isso afete negativamente os níveis de produtividade, serviços e conforto [28].

A gestão da energia, por sua vez, controla as iniciativas de promoção da eficiência energética; inclui o acompanhamento, a medição, a verificação e a correção dos fluxos de energia de uma instalação [28]. Um bom programa de gestão de energia, abrangente a qualquer área de atividade, deve compreender as seguintes etapas [28]:

- Levantamento e análise de dados históricos;
- Auditoria energética;
- Planeamento de medidas de eficiência energética;
- Implementação e controlo.

2.4.3 O plano da gestão energética

2.4.3.1 Auditoria Energética

A execução de um plano de gestão de energia requer o estudo prévio da situação atual da instalação em causa. Nesse sentido, a auditoria energética surge como um instrumento fundamental na caracterização e quantificação dos consumos de energia, na análise da eficiência dos equipamentos e na contabilização dos desperdícios existentes.

Metodologia

Para a execução da auditoria torna-se essencial a definição e estabelecimento da sequência das ações que possibilitam o conhecimento do sistema energético da instalação. Desse modo, a auditoria deve seguir a seguinte metodologia [29]:

- Preparação da Intervenção:
 - Observação geral do funcionamento da empresa;
 - Definição de uma matriz de atuação.

- Trabalho de Campo:
 - Estudo do processo produtivo;
 - Recolha e análise da informação energética global: quantidades de produção, custos e consumos energéticos totais;
 - Medições e registos dos consumos por sector ou equipamento.
- Tratamento da Informação:
 - Identificação dos principais consumidores de energia;
 - Estabelecimento de relações entre o gasto energético e a produção;
 - Identificação das potenciais economias de energia.

2.4.4 Medidas de Eficiência Energética

A partir dos resultados obtidos na auditoria energética, são estabelecidas metas anuais de redução dos consumos e definidas as ações conducentes ao bom aproveitamento da energia utilizada na organização. Estas podem advir de alterações na eficiência de sistemas, processos ou equipamentos, ou pela adoção de práticas de gestão energética e mudança de comportamentos, sempre selecionadas e estudadas de acordo com o tipo de atividade industrial em questão.

Existem algumas medidas ou sistemas com um potencial de poupança energética bastante significativo, consideradas transversais à grande maioria das indústrias. Estas são reunidas numa tabela presente no Anexo 1 [30].

Por sua vez, a integração da dimensão energética na gestão empresarial leva habitualmente em consideração as seguintes práticas [31]:

- Implementação e manutenção de um sistema de gestão de energia;
- Definição de indicadores de eficiência e estabelecer as respetivas metas, assim como, definir as metodologias de ajuste dos consumos de referência;
- Aplicação de um sistema de gestão ambiental;
- Análise regular à informação relativa à contratação, abastecimento e faturação energética;
- Integração de processos;
- Monitorização e controlo de todas as atividades;

- Promoção da participação dos colaboradores na gestão energética, através da formação e sensibilização dos recursos humanos.

Como foi referido, existem planos e incentivos à redução dos consumos tendo em vista uma maior eficiência energética. Portugal segue no mesmo caminho, existindo legislação para o cumprimento da redução da intensidade energética.

Para alcançar bons resultados, é necessário saber o que se pode melhorar. Assim a ADENE publicou um manual de medidas a implementar para melhorar a eficiência energética numa indústria, intitulado “Medidas de Eficiência Energética Aplicáveis à Indústria Portuguesa: Um Enquadramento Tecnológico Sucinto”. Há a preocupação de apontar medidas transversais e específicas para os mais variados sectores industriais como a cerâmica, siderurgia, têxtil, vidro, alimentação e bebidas, pasta de papel, entre outros.

Será mais importante ter em conta as medidas transversais, ou seja, comuns a quase todos os sectores da indústria. Nessas medidas temos [32]:

- Sistemas acionados por motores elétricos;
- Produção combinada de energia mecânica e energia térmica;
- Iluminação;
- Eficiência do processo industrial.

Sistemas acionados por motores elétricos

Existem vários sistemas acionados por motores elétricos numa indústria, desde sistemas de bombagem, passando pelos de ventilação e os sistemas de compressão de ar, entre outros. Sendo que dentro destes sistemas existem correções específicas, uma comum a todos eles é a otimização dos motores. Os motores elétricos são equipamentos destinados a transformar energia elétrica em energia mecânica, que podem ser alimentados com corrente contínua ou alternada (síncronos ou assíncronos), sendo estes últimos os mais utilizados (corrente alternada), dado que o seu custo é mais reduzido. Os motores síncronos funcionam a uma velocidade fixa não importando a carga aplicada, os motores assíncronos ou de indução funcionam normalmente a uma velocidade constante que varia com a carga aplicada ao eixo.

O que acontece frequentemente é que estes motores não se encontram devidamente dimensionados para a função que desempenham.

Para aumentar a eficiência dos sistemas acionados por motores elétricos, têm sido aplicadas algumas tecnologias que permitem a otimização do trabalho do motor, começando pelos motores de alto rendimento, pela aplicação de variadores eletrónicos de velocidade (VEVs) ou pelo melhoramento dos sistemas de transmissão mecânica. Destas tecnologias destaca-se a utilização dos VEVs, com vários estudos apontando como a medida de maior potencial na poupança direta de energia. Face ao sobredimensionamento, será benéfico para o desempenho global do motor se a velocidade se ajustar às cargas ou necessidades requeridas. Surge assim como a opção mais rentável na otimização dos motores de indução.

A aplicação de um variador eletrónico de velocidade pode gerar economias até 50% de energia, numa média de 22,5%. Além da questão da redução dos consumos, os VEVs trazem outras vantagens como o aumento da duração do motor, redução dos picos de potência durante o arranque, a possibilidade de ser instalado nos mais diversos sistemas que utilizem motores, etc. [32].

Produção combinada de energia mecânica e energia térmica

Na produção combinada de energia mecânica e energia térmica, surge logo à cabeça a cogeração (produção de calor e eletricidade), mas também a recuperação de calor dos equipamentos, entre outros. A cogeração é a produção sequencial e simultânea de energia térmica e energia mecânica, usualmente usada para produzir eletricidade a partir de uma fonte de energia primária. Nas centrais termoelétricas convencionais, a energia de perdas anda à volta dos 65%, ou seja, perde-se através dos gases de combustão e nas operações de condensação e arrefecimento do ciclo termodinâmico. Porém, na cogeração, essas perdas caem para os 15%, pois 50% das perdas são reaproveitadas como energia térmica, o que é mais um exemplo significativo de eficiência energética. O gás natural surge como o mais utilizado para a cogeração, pois é tecnologicamente mais fácil de aplicar e menos nocivo para o ambiente. Mas quase todos os tipos de combustíveis podem ser usados na cogeração, sendo que a biomassa aparece como a grande alternativa.

Na indústria, a cogeração traz muitas vantagens como a redução da fatura energética, eventualmente a unidade industrial pode ser energeticamente autossuficiente, possibilidade de venda de eletricidade à rede, redução dos custos de produção, etc. Presentemente, existem unidades de cogeração preparadas para gerar energia com potências térmicas elétricas entre 1kW (kilowatt) e os 500MW (megawatt) durante, pelo menos, 20 anos [32].

Iluminação

A iluminação e a energia elétrica consumida por ela representam cerca de 25% em todos os sectores (indústria, serviços e doméstico).

Na indústria representa cerca de 5% do consumo global de energia. Hoje em dia, têm-se a preocupação de instalar equipamentos que garantam os níveis de iluminação necessários e recomendados para as diferentes atividades de trabalho. Há ainda preocupações em aproveitar a iluminação grátis, ou seja, dar prioridade à iluminação natural. É importante manter estas entradas de luz limpas, aumentando a eficiência de iluminação das mesmas. É importante utilizar sempre equipamentos de elevado rendimento, desde as lâmpadas, às luminárias e aos acessórios. A utilização de sistemas de controlo automático nas instalações de iluminação é um fator a ter em consideração, como a regulação de intensidade luminosa [32].

Eficiência do processo industrial

A eficiência do processo industrial abrange várias vertentes do funcionamento de uma indústria. A manutenção dos equipamentos surge como “cabeça de cartaz” quando se fala da eficiência do processo industrial. É de extrema importância ter um plano de manutenção periódica e preditiva. Com um bom plano de manutenção reduz-se drasticamente as falhas e paragens no processo industrial. Depois passa por monitorizar o processo/produto e o respetivo controlo. É importante conseguir acompanhar em tempo real o que se passa numa indústria, podendo assim detetar rapidamente falhas no processo produtivo. A sensibilização e formação de recursos humanos têm-se revelado como uma mais-valia para a indústria. A vertente comportamental dos colaboradores de uma indústria/empresa é fundamental para que a eficiência energética seja alcançada em pleno.

Há sempre medidas que podem ser implementadas com o fim de aumentar a eficiência energética. Todos os pontos referidos possuem uma infinidade de vertentes que podem ser melhoradas até atingir o máximo de eficiência, quer do processo, do produto, dos equipamentos, da operação e até da eficiência humana [32].

DESENVOLVIMENTO

3.1 A CORTICEIRA AMORIM

3.2 CARACTERIZAÇÃO DA AMORIM CORK COMPOSITES

3.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

3.4 CARACTERIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS PROBLEMAS

3.5 ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO PROCESSO

3.6 PROCESSO PRODUTIVO

3.7 IMPLEMENTAÇÃO DE SOLUÇÕES

3.8 ANÁLISE ECONÓMICA DO *PAY-BACK*

3.9 NOVAS IDEIAS DE MELHORIA

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 A Corticeira Amorim

A Corticeira Amorim é atualmente a maior empresa mundial de produtos de cortiça e apresenta uma história de quase 150 anos de operações neste sector. A empresa foi fundada por António Alves de Amorim, quando em 1870 abriu uma fábrica com o propósito de fornecer rolhas de cortiça a produtores de vinho do Porto, certamente e tal como ilustra a Figura 27, não imaginaria ter hoje 30 unidades industriais e 83 empresas, [33].

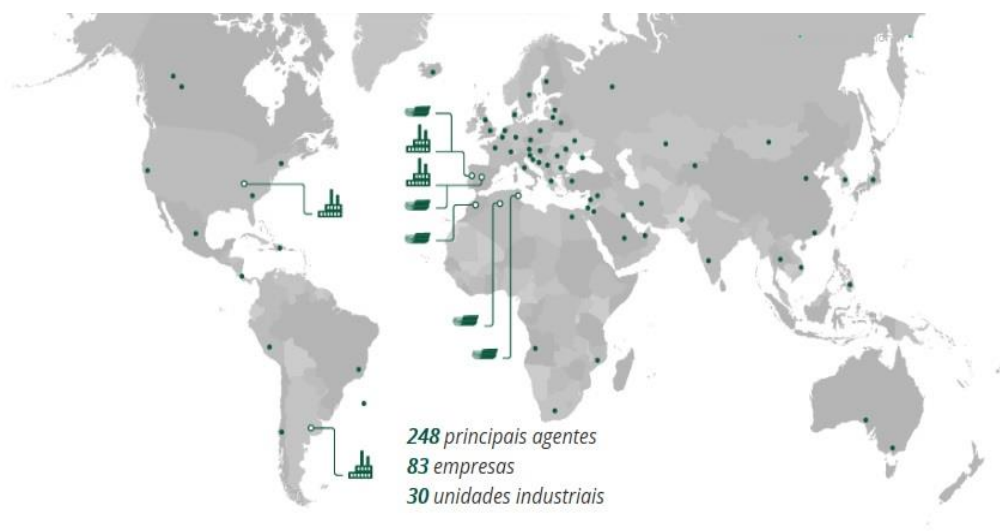


Figura 27 - Presença do Grupo Amorim no Mundo

A evolução que se verificou na empresa, de pequena fábrica situada no Porto a líder no mercado da cortiça, está diretamente relacionada com a verticalização assumida pela empresa, desde a obtenção de matérias-primas ao serviço pós-venda, com a aposta em mercados estrangeiros, sobretudo em mercados com forte expressão na produção de vinho, e também com o forte investimento em atividades de Inovação e Desenvolvimento.

Do total de vendas em 2015, apenas 5% foram efetuadas em Portugal, isto no ano em que as vendas atingiram valores máximos históricos.

Estes dados mostram a forte presença desta empresa em mercados internacionais, que tem atividades em mais de cem países. Na Figura 28 estão representadas as parcelas de vendas da Corticeira Amorim para as diversas regiões do mundo [33].

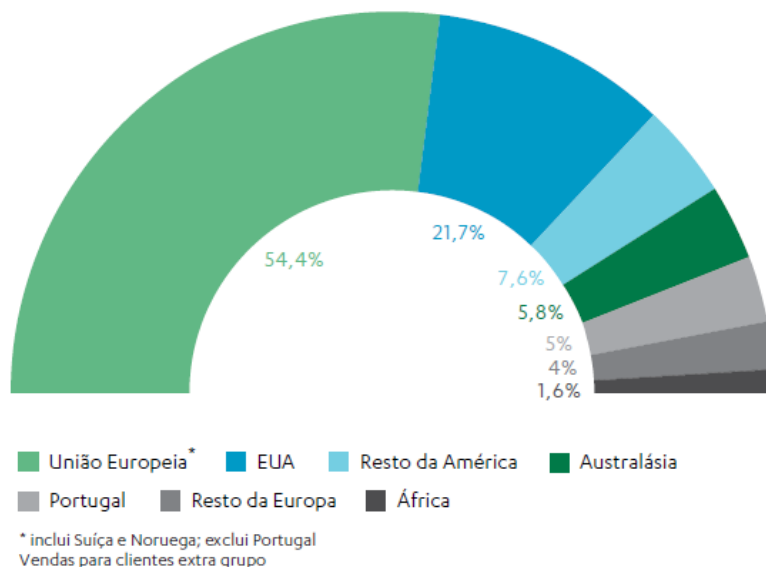


Figura 28 – Parcelas de venda do Grupo Amorim pelo Mundo

Enquanto empresa líder, a qualidade dos produtos é de extrema importância e, por isso, se tem verificado um grande investimento em Inovação e Desenvolvimento, cerca de 7.5 milhões de euros a cada ano que passa [34].

Tem, por exemplo, uma presença constante em atividades culturais, onde será de destacar o fornecimento de cortiça para a obra arquitetónica de 2012 presente no Pavilhão da *Serpentine Gallery* em Londres, abaixo representado na Figura 29, este que



Figura 29 – A cortiça na Arquitetura - Serpentine Gallery (Londres)

é considerado um marco da arquitetura mundial. Para além disso, a cortiça presente no pavimento da Sagrada Família em Barcelona foi também fornecida por esta empresa. Este pavimento pode ser observado na Figura 30 [33].

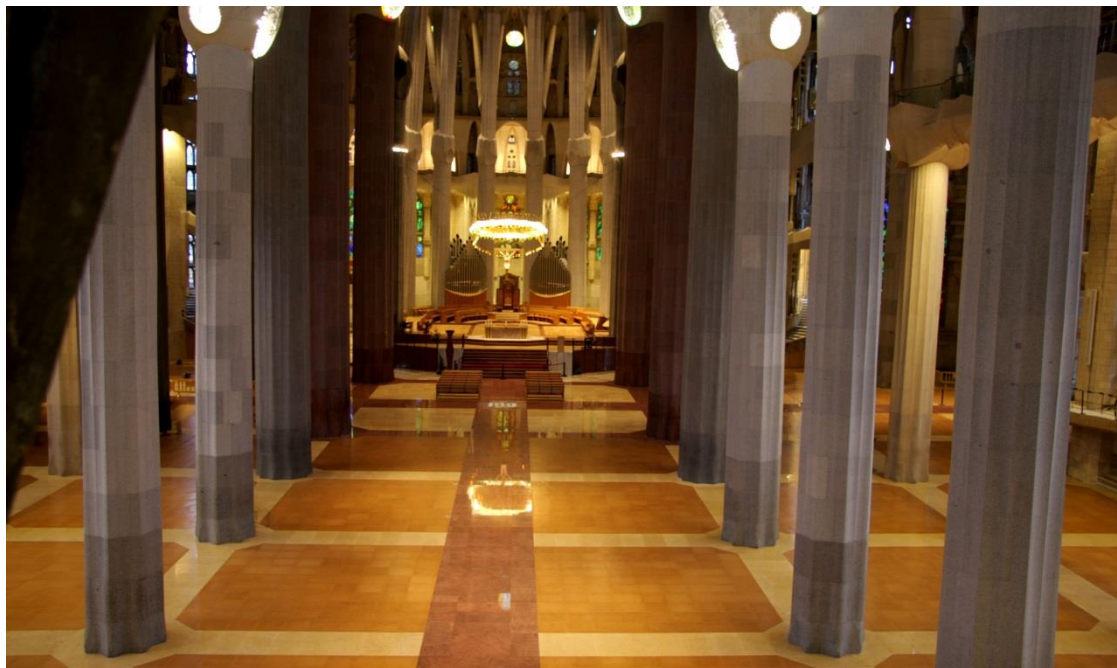


Figura 30 – Pavimento em cortiça – Sagrada Família (Barcelona)

3.1.1 Produtos

Na atualidade, a Corticeira Amorim tem como negócio principal as rolhas de cortiça: em 2015 representaram 64,2% do total de vendas. Além das rolhas, apresenta também no seu portfólio de produtos: revestimentos, aglomerados compósitos, isolamentos e matérias-primas, produtos indicados por ordem decrescente de vendas e que podem ser observados na Figura 31, bem como a sua percentagem parcial de vendas face ao total de vendas da empresa [34].



Figura 31 – Vendas do Grupo Amorim por produto

3.2 Caracterização da Amorim Cork Composites



Figura 32 – Vista aérea das instalações da Amorim Cork Composites

A Unidade de Negócios (UN) Aglomerados Compósitos (Figura 32) é a mais tecnológica do universo da Corticeira Amorim. Referência internacional na pesquisa, desenvolvimento e produção de novas soluções de compósitos de cortiça, tem entre os seus principais clientes algumas das indústrias mais exigentes do mundo em termos de

qualidade. Com uma área total de 100.710m², sendo 52.343m² de área coberta, esta unidade industrial está localizada na vila de Mozelos que é reconhecida por ser um grande centro nacional de produção de derivados de cortiça.

Esta unidade está dividida nos seguintes segmentos: Unidade de negócio de granulados, Unidade de negócios de aglomerados e Unidade de negócios de cortiça com borracha. O presente estudo foca-se no processo produtivo na Unidade de negócio de granulados, unidade que deve o seu nome à produção exclusiva de granulados. Esta unidade conta atualmente com 60 trabalhadores, que desempenham as suas tarefas em três turnos de oito horas cada.

Tal como ilustra a Figura 33, aqui são desenvolvidos, por exemplo, os materiais de proteção das naves espaciais da NASA e da ESA (Agência Espacial Europeia). As soluções TPS (*Thermal Protection Systems*) desta UN são um elemento-chave na importante missão de garantir a integridade física dos veículos espaciais, evitando que sejam destruídos por temperaturas extremas. Dedicada à indústria dos transportes, existe uma variada gama de produtos que inclui painéis, sistemas de pavimento e barreiras anti vibração para infraestruturas ferroviárias. O peso reduzido e as propriedades anti vibração e de isolamento acústico são as vantagens mais importantes que a cortiça traz ao sector dos transportes.

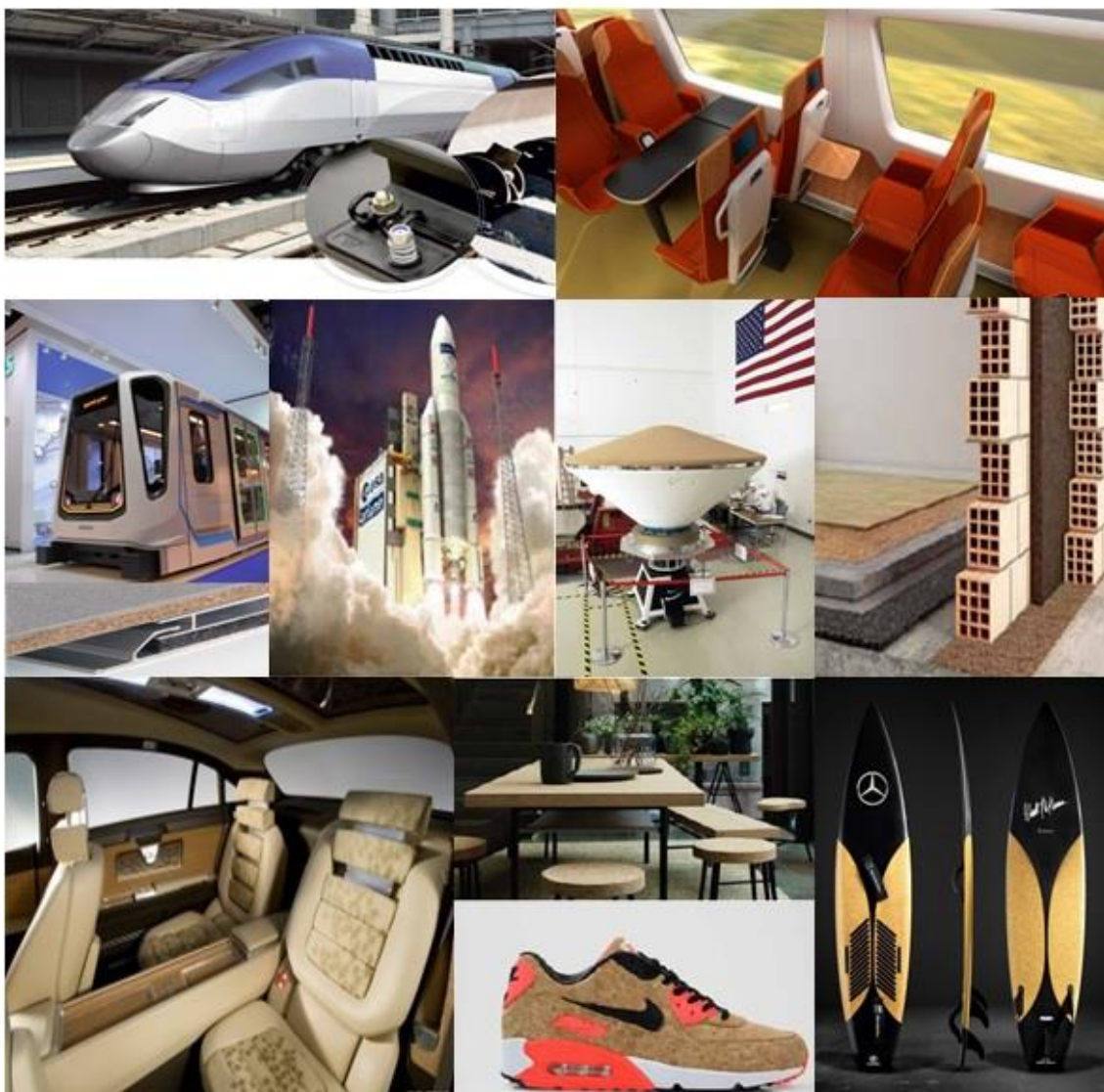


Figura 33 – Produtos que utilizam granulado de cortiça

3.3 Objetivos específicos

A realização do trabalho prático tem por objetivo fazer a recolha das principais avarias ocorridas num modelo de um moinho destroçador nos últimos 6 anos. Depois de recolhidos os dados, faz-se um estudo das avarias mais frequentes e, por fim, propõe-se possíveis soluções para os problemas encontrados no sentido de minimizar as ocorrências. A recolha de dados é efetuada tendo como base a informação recolhida na empresa Amorim Cork Composites.

3.4 Caracterização dos principais problemas

3.4.1 Principais tipos de avarias

Após a recolha dos dados, pode-se verificar a quantidade do tipo de avarias que ocorreram no período de tempo estudado. Deste modo, também é possível fazer uma análise do custo médio de cada intervenção. De notar que o custo médio de cada intervenção não contempla a deslocação.

3.4.2 Adequabilidade de cada tipo de manutenção aos equipamentos de moagem

Tal como é possível verificar nos anexos 2 e 3, a manutenção que é realizada nos equipamentos de moagem é a recomendada pelo fabricante. Foi possível verificar que para além desta manutenção preventiva, é realizada manutenção autónoma com maior periodicidade pelos operadores.

A manutenção realizada aos equipamentos de moagem encontra-se ajustada, contudo uma percentagem da manutenção acaba ainda por ser de cariz corretivo. Após o estudo realizado, foi possível identificar quais as avarias, onde ocorrem e com que periodicidade. Desta forma, é agora mais fácil conseguir eliminá-las, contribuindo para a diminuição do número de ações corretivas.

3.4.3 Análise SWOT às formas de manutenção neste sector

Nos dias de hoje o planeamento é essencial em qualquer tipo de negócio. A análise SWOT como ferramenta estrutural é utilizada para identificar os pontos fortes e fracos de uma organização, assim como as oportunidades e ameaças às quais a mesma está exposta. Nesta dissertação, a ferramenta é aplicada (Figura 34) para perceber de que forma a manutenção é encarada pela organização.



Figura 34 - Análise SWOT Manutenção do Setor

3.4.4 Análise “Ishikawa” de desgaste da ferramenta de corte

Através da análise “Ishikawa” aqui representada na Figura 35, é possível verificar quais as principais razões que levam à falha da ferramenta, neste caso, os motivos pelos quais as ferramentas de corte apresentam um desgaste tão acentuado.

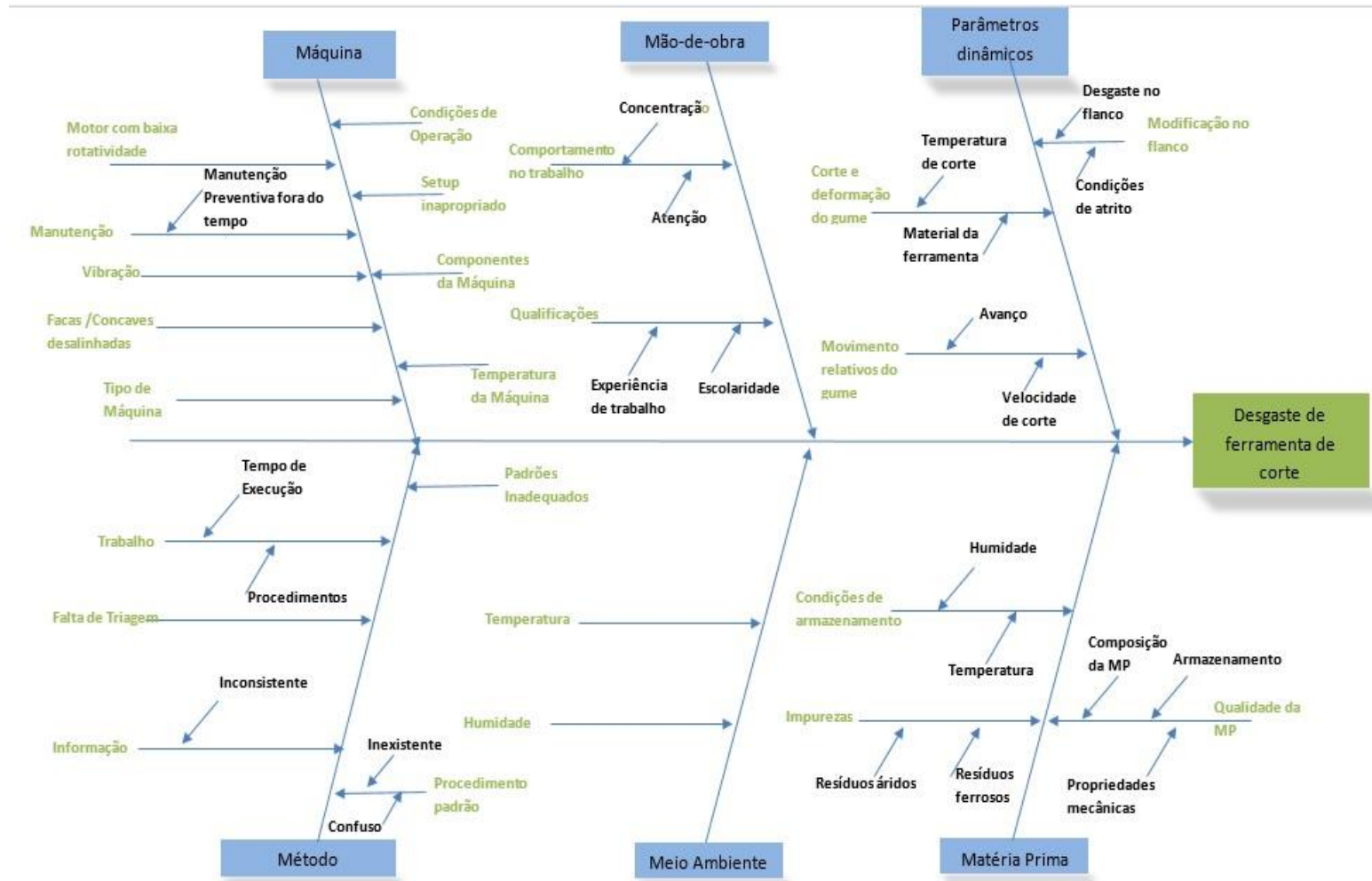


Figura 35 - Diagrama Ishikawa - Desgaste Ferramentas de Corte

Tempos Improdutivos

A existência de tempos improdutivo pode ser consequência de várias causas. Entre estas, para o presente estudo, deu-se maior relevância aos danos ocorridos num conjunto de equipamentos, denominados de avarias.

Com a análise detalhada dos tipos de avarias verificou-se a existência de várias possibilidades de ocorrência do fenómeno. A escolha de algumas avarias para evidenciar no presente estudo basou-se na quantidade da sua ocorrência. Assim, foram observados os encravamentos, as avarias elétricas e as avarias mecânicas, respetivamente. Entende-se por encravamento uma avaria causada pela presença de material contaminante na matéria-prima, tais como areias ou terras, que vão influenciar o transporte pneumático, acabando por o obstruir e danificar. As avarias elétricas refletem o aumento da carga do equipamento, causado pelo peso de material contaminante, acionando desativação do quadro elétrico. As avarias mecânicas evidenciam a presença de contaminação de materiais ferrosos que acabam por incitar o desgaste das ferramentas e a avaria dos elementos mecânicos.

Entre 22 Março de 2007 e 31 de Maio de 2016 ocorreram 30808 paragens. Destas, 1149 (3.73%) correspondem à atividade **P1 (avarias mecânicas)**, 1460 (4.74%) à atividade **P2 (avarias elétricas)** e 5634 (18.29%) correspondem à atividade **P9 (encravamentos)**. A Figura 36 mostra de forma gráfica estes números.

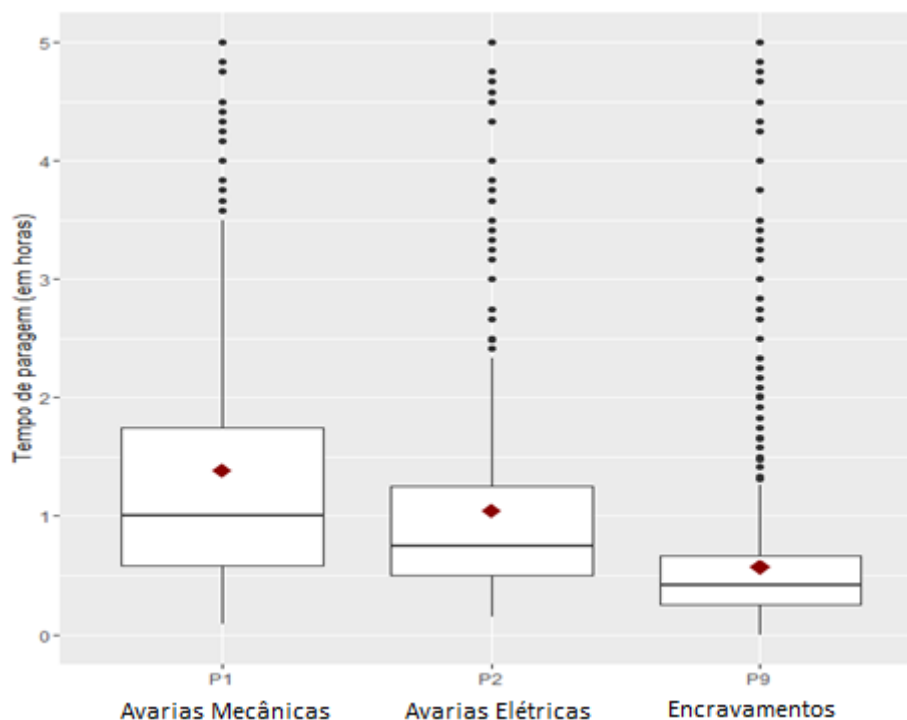


Figura 36 - Tempo de Paragem por Avaria

A Tabela 3 ilustra o tempo de avaria segmentado por tipo de avaria. Aqui é visível que as avarias mecânicas, embora não seja a avaria mais frequente, é uma das que mais tempo consome. Tal como é possível verificar, os encravamentos são o tipo de avaria que mais tempo consome.

Tabela 3 - Estatísticas do tempo de paragem por tipo de avaria

Tipo de Avaria	Estatísticas			
	Mínimo (h)	Média (h)	Desvio-Padrão (h)	Máximo (h)
P1 – Avarias Mecânicas (n=1149)	0,08	1,80	1,95	23,42
P2 – Avarias Eléctricas (n=1460)	0,15	1,19	1,29	17,75
P9 - Encravamentos (n=5634)	0,01	0,61	1,02	23,75
Total	0,01	0,88	1,31	23,75

A Indisponibilidade mensal por cada tipo de avaria foi calculada utilizando a seguinte fórmula (5):

$$I_{mensal} = \frac{\text{Tempo total de paragem devido à avaria } i}{\text{Tempo de bom funcionamento} + \text{Tempo de paragem devido à avaria } i} = \frac{TTP_i}{22 \times 22.5} \times 100\% \quad (5)$$

Na tabela 4 está demonstrada a indisponibilidade do equipamento por tipo de avaria. É possível verificar um aumento gradual de indisponibilidades ao longo dos anos, sendo que o ano de 2016 deverá ser aquele que maior indisponibilidade de alguns equipamentos irá causar. Isto deve-se essencialmente ao tipo de matéria-prima, e ao avançar da idade dos equipamentos que vão ficando cada vez mais desgastados.

Tabela 4 - Indisponibilidade (em %) do equipamento por tipo de avaria

Ano	Tipo de Avaria								
	P1 – Avarias Mecânicas			P2 – Avarias Elétricas			P3 - Encravamentos		
	Mínimo (%)	Média (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)	Média (%)	Máximo (%)	Mínimo (%)	Média (%)	Máximo (%)
2007	0.41	7.29	18.83	0.49	1.24	2.39	2.94	5.45	9.20
2008	0.74	4.57	10.19	0.47	2.14	5.27	1.41	6.05	14.93
2009	0.40	5.09	14.16	1.00	3.88	9.21	1.87	6.03	11.95
2010	0.71	2.80	6.18	0.20	2.27	3.84	2.36	5.59	10.20
2011	0.20	2.93	7.42	0.01	2.48	5.15	2.19	5.08	10.22
2012	0.34	2.20	6.40	0.70	2.41	8.21	1.13	3.88	10.00
2013	0.17	2.20	4.34	0.67	2.66	9.25	0.77	4.21	6.60
2014	0.57	2.02	5.69	0.54	4.33	11.61	1.45	5.90	11.16
2015	0.45	4.85	9.80	0.86	4.93	13.57	2.64	10.85	21.26
2016	2.15	5.37	9.02	3.27	7.33	13.52	3.55	14.45	24.93

Nas tabelas 5 e 6, encontram-se refletidos o número de intervenções que foram efetuadas por equipamento de trituração. Aqui apenas se contabilizaram as intervenções relacionadas com as ferramentas de desgaste, não entrando por essas estatísticas outras intervenções do tipo corretivo ou preventivo.

Aqui é possível verificar que a intervenção mais vezes realizada, é “virar concaves do MDT”. Através da análise destes dados é possível destacar a diminuição de intervenções nestes equipamentos ao longo dos últimos anos. Este é um registo positivo e significa que alguma atenção tem sido dada à manutenção preventiva.

Tabela 5 - Número de intervenções por equipamento e por ano

Equipamento	Ano				Total
	2013 (2 meses)	2014 (12 meses)	2015 (12 meses)	2016 (5 meses)	
MDT 002	3	15	9	7	34
MDT 003	2	14	8	9	33
MDT 004	0	3	5	1	9

Tabela 6 - Número de intervenções por tipo de intervenção e por ano

Intervenção	Ano				Total
	2013 (2 meses)	2014 (12 meses)	2015 (12 meses)	2016 (5 meses)	
Substituição das contra-facas do MDT	1	3	0	0	4
Substituição concaves do MDT	2	6	4	9	21
Substituição concaves e contra-facas do MDT	0	1	1	5	7
Virar concaves do MDT	2	22	17	3	44

Nas tabelas 7 e 8 encontra-se demonstrada a duração média de cada intervenção e tal como é possível verificar, apesar de o número de intervenções ter vindo a diminuir ao longo dos anos, verifica-se que a duração de cada intervenção assume um papel completamente simétrico, tendo vindo a aumentar a cada novo ano.

Tabela 7 - Duração média da intervenção (DP) por equipamento por ano

Equipamento	Ano				Total (h)
	2013 (2 meses) (h)	2014 (12 meses) (h)	2015 (12 meses) (h)	2016 (5 meses) (h)	
MDT 002	2.67 (0.58)	3.80 (0.84)	2.89 (1.52)	4.29 (1.38)	3.56 (1.25)
MDT 003	2.25 (0.35)	2.79 (1.09)	4.06 (0.86)	3.73 (1.34)	3.31 (1.22)
MDT 004	---	3.17 (1.44)	3.80 (1.49)	4.00 (---)	3.61 (1.32)

Dados apresentados em horas. DP – Desvio padrão

Tabela 8 - Duração média da intervenção (DP) por tipo de intervenção e por ano

Intervenção	Ano				Total (h)
	2013 (2 meses) (h)	2014 (12 meses) (h)	2015 (12 meses) (h)	2016 (5 meses) (h)	
Substituição das contra-facas do MDT	2.50 (---)	2.33 (0.29)	----	----	2.38 (0.25)
Substituição concaves do MDT	2.50 (0.71)	2.91 (0.80)	2.88 (0.25)	3.11 (0.33)	2.95 (0.52)
Substituição concaves e contra-facas do MDT	----	6.00 (---)	6.00 (---)	5.30 (1.57)	5.50 (1.32)
Virar concaves do MDT	2.5 (0.71)	3.41 (1.03)	3.53 (1.39)	4.33 (0.58)	3.48 (1.17)

Dados apresentados em horas. DP – Desvio padrão

Essencialmente, este aumento da duração das intervenções deve-se ao trabalho suplementar do operador em cada intervenção, pois a cada intervenção de fundo, este aproveita para fazer pequenos ajustes na máquina.

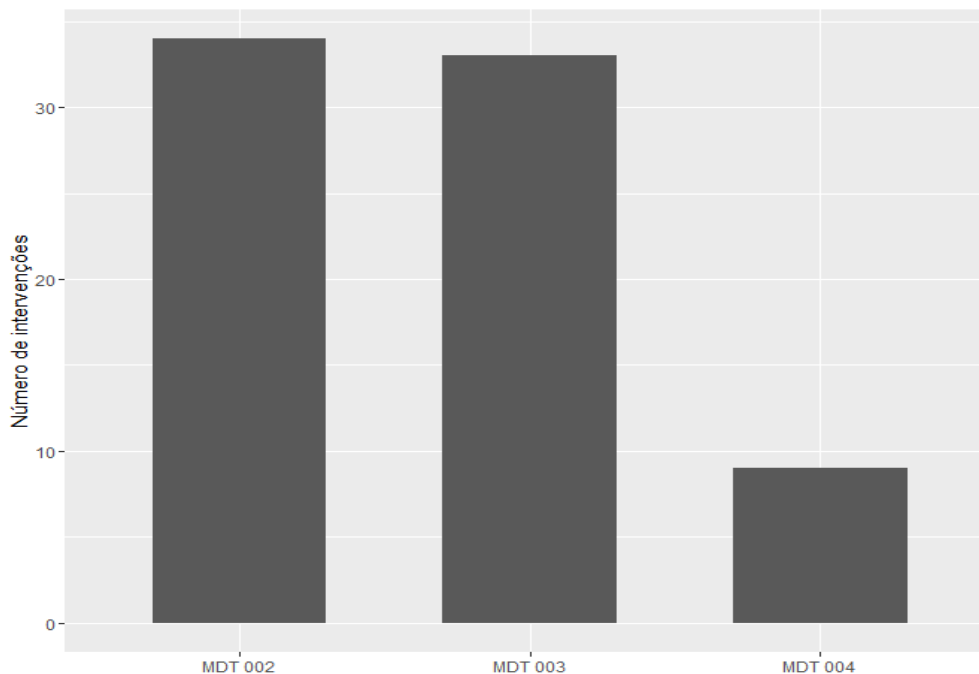


Figura 37 - Número de intervenções por equipamento

A Figura 37 ilustra graficamente o número de intervenções por equipamento e a Figura 38 o número de intervenções por tipo de trabalho a efetuar. É visível que a maioria das intervenções foi realizada no **MDT 002**, pois é o moinho que mais se desgasta, pois é o primeiro equipamento que recebe a matéria-prima.

A intervenção que mais vezes acontece é “**Virar concaves do MDT**”, o que nos transporta para um tipo de intervenção muito morosa, que contribui não só para um aumento significativo dos tempos improdutivo, mas também para uma diminuição do OEE do equipamento.

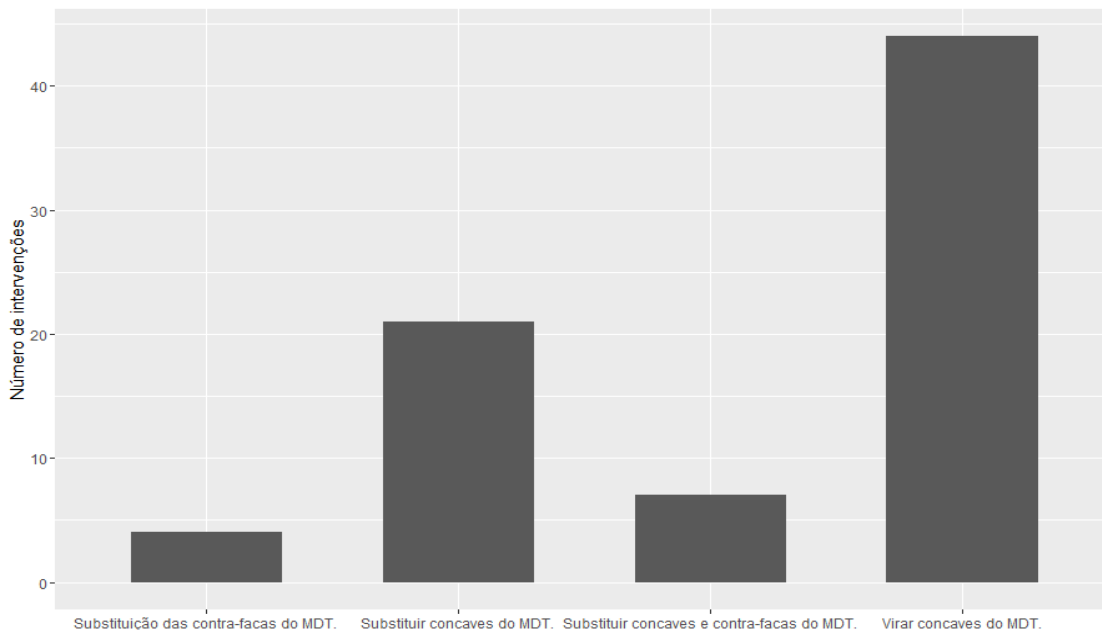


Figura 38 - Número de intervenções por tipo de intervenção

Através do levantamento estatístico, aqui evidenciado, torna-se claro que caso houvesse uma redução de tempos improdutos (Figura 39), haveria um significativo crescimento económico. Como visto anteriormente é possível identificar que as avarias do tipo **P9 – Encravamentos**, são aquelas que acontecem com maior frequência, e automaticamente onde há maior margem de obtenção de lucro.

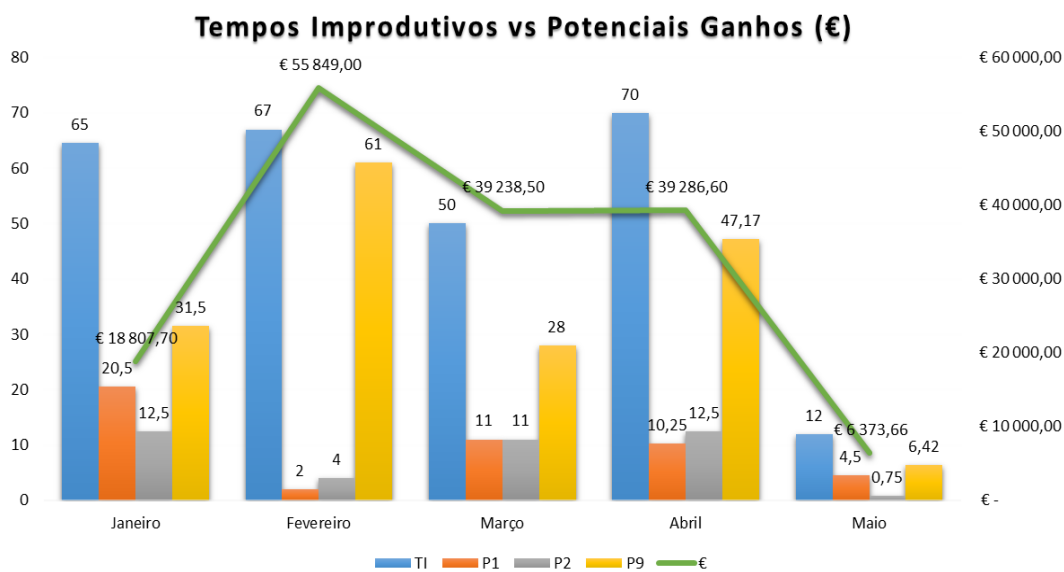


Figura 39 - Tempos improdutos vs. Potenciais ganhos

Em apenas 5 meses o valor que se deixou de ganhar por paragens de origem elétrica, mecânica e encravamentos foi de **159 555, 46€** (Figura 40).

Estes valores têm apenas em conta a valorização dos consumos e produções, consumo energético e RH. Não têm em conta amortizações, investimentos, remunerações de capital, etc.

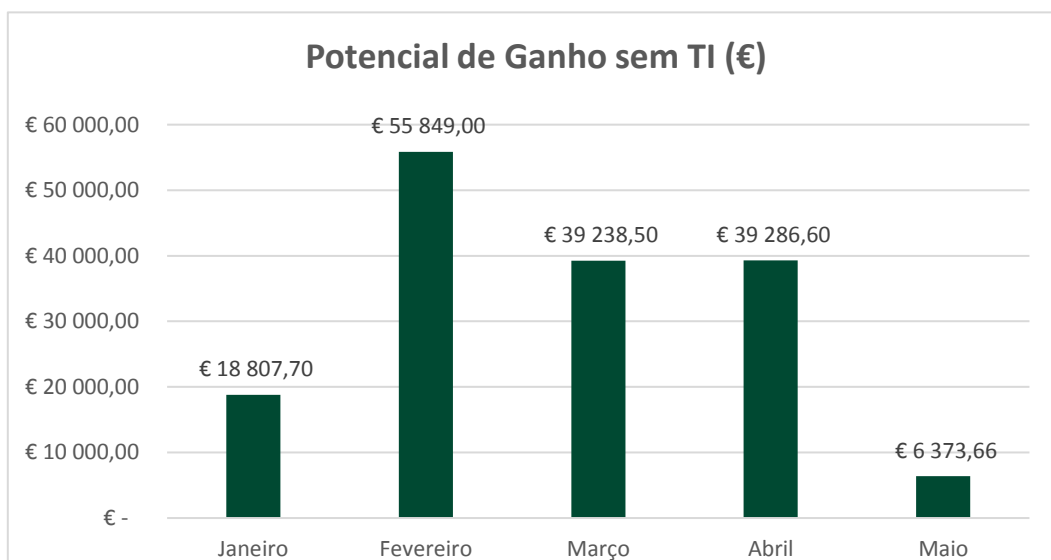


Figura 40 - Potencial Ganho sem TI

A Tabela 9 mostra os parciais mensais para cada tipo de avaria. É possível verificar que as avarias do tipo “**Encravamentos**” representam na maioria dos meses mais do dobro das restantes avarias.

Tabela 9 - Possível Ganho sem TI

Mês	Total de TI (h)	P1 – Avarias Mecânicas (h)	P2 – Avarias Elétricas (h)	P9 – Encravamentos (h)	Total €
Janeiro	65	20,5	12,5	31,5	18807,70 €
Fevereiro	67	2	4	61	55849,00 €
Março	50	11	11	28	39238,50 €
Abril	70	10,25	12,5	47,17	39286,60 €
Maio	12	4,5	0,75	6,42	6373,66 €
Total					159555,46 €

As Figuras 41 e 42 abaixo representadas refletem tudo aquilo que foi descrito anteriormente.

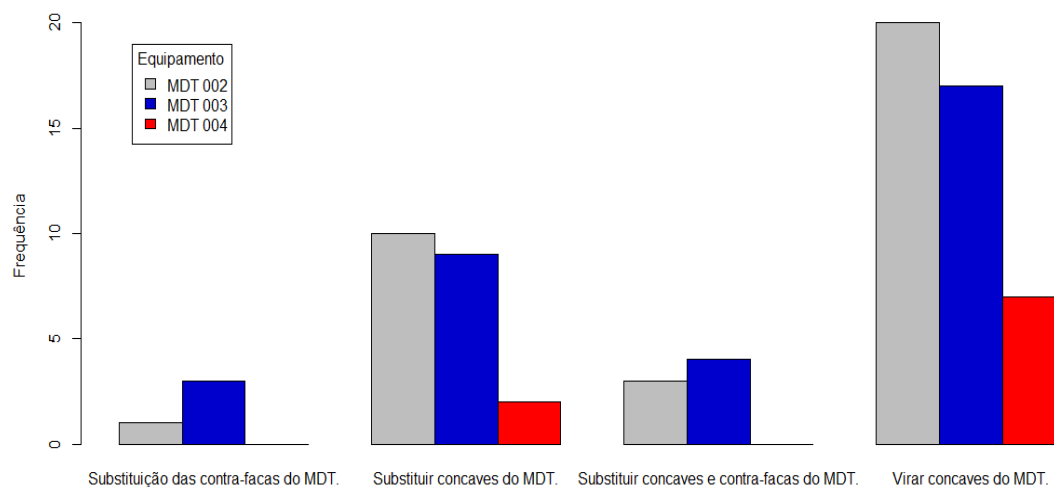


Figura 41 - Frequência por tipo de intervenção

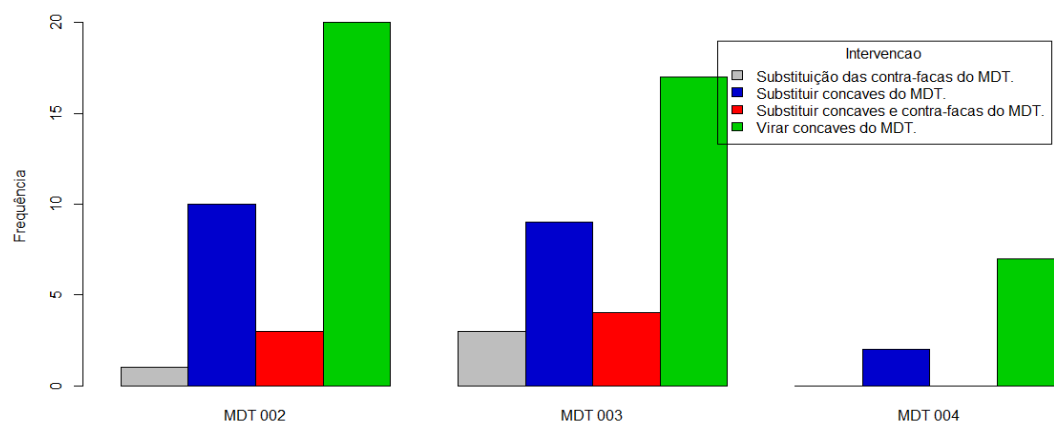


Figura 42 - Frequência por tipo de equipamento

Estudo sobre ferramentas de desgaste - concaves

Tendo em conta o rápido desgaste das ferramentas de corte, que muito influencia para o aumento de tempos improdutivo, esta análise teve como objetivo encontrar soluções para que as ferramentas tenham maior tempo de vida útil.

As principais dificuldades encontradas com este tipo de análise são os tempos muito morosos que estão ligados com os processos de investigação e desenvolvimento de uma ferramenta à medida.

Para entender as vantagens e as limitações de cada material, é importante ter algum conhecimento dos diferentes mecanismos de desgaste aos quais as ferramentas de corte estão sujeitas. A Figura 43 representa um concave novo e um concave usado. É possível verificar o enorme desgaste que o concave apresenta. A sua estrutura encontra-se ainda em bom estado, contudo as arestas de corte estão completamente redondas.



Figura 43 - Exemplos de concaves novos vs. usados

A seleção do material e da classe da ferramenta de corte é um fator importante a ser considerado ao planejar uma operação bem-sucedida [40].

As ferramentas de corte e neste caso particular de estudo, os concaves podem deixar de cumprir com a sua função por:

- **Falha por Fratura**
 - Força de corte, num ponto da aresta se torna excessivamente alta;
 - Causando uma falha repentina por fratura.
- **Falha por Temperatura**
 - Temperatura de corte é muito alta para o material;
 - Material na região da aresta de corte amoleça;
 - Resultando em deformação plástica e perda da afiação.
- **Desgaste gradual**
 - Perda da geometria da ferramenta;
 - Redução da eficiência do corte;
 - Aceleração do desgaste da ferramenta.

No que ao desgaste nas arestas de corte diz respeito eles podem ser motivados por diferentes razões. Segundo pesquisa elaborada, tendo por base o fornecedor *Sandvik*, pretende-se evidenciar os principais tipos de desgaste. [40]

DESGASTE DE FLANCO (Figura 44)

- Abrasivo;
- Tipo mais comum de desgaste;
- Constituintes **duros** no material da peça.

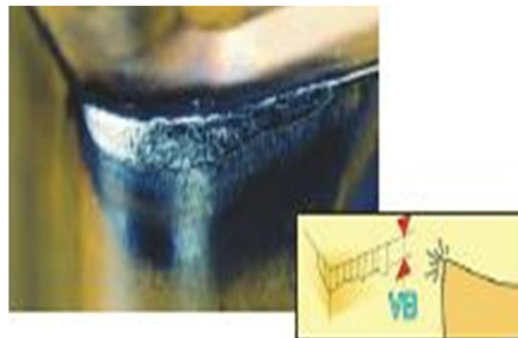


Figura 44 - Desgaste de Flanco

CRATERIZAÇÃO (Figura 45)

- Localizada na saída da pastilha;
- **Reação química** entre o material da peça e a ferramenta de corte;
- **Enfraquece a aresta de corte e pode levar à quebra.**



Figura 45 - Craterização

ARESTA POSTIÇA (Figura 46)

- Causado por **solda por pressão** de limalhas na pastilha;
- Comum na maquinagem de materiais pastosos, como aços com baixo teor de carbono, aços inoxidáveis e alumínio;
- Baixa velocidade de corte aumenta a formação de aresta postiça.



Figura 46 - Aresta postiça

DESGASTE TIPO ENTALHE (Figura 47)

- **Dano excessivo localizado na face de saída e no flanco da pastilha;**
- Causado pela adesão (solda por pressão de limalhas) e uma deformação na superfície endurecida;
- Desgaste comum ao maquinar aços inoxidáveis.



Figura 47 - Desgaste tipo Entalhe

DEFORMAÇÃO PLÁSTICA (Figura 48)

- Ocorre quando o material da ferramenta é **amolecido**;
- Acontece quando a **temperatura de corte está muito alta**;
- As **classes mais duras e as coberturas mais espessas** melhoram a resistência.



Figura 48 - Deformação Plástica

FISSURAS TÉRMICAS (Figura 49)

- Mudanças bruscas de temperatura na aresta de corte;
- Originam fissuras perpendiculares às arestas de corte;
- Relativas a cortes interrompidos, comuns em operações de fresagem.

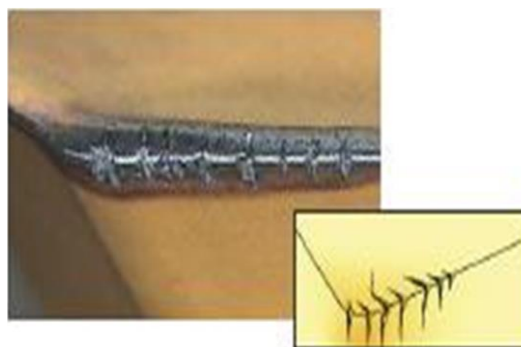


Figura 49 - Fissuras Térmicas

LASCAR / QUEBRAR DE ARESTA (Figura 50)

- A quebra e a lasca são o resultado de uma **sobrecarga das tensões de tração mecânica**;
- Motivos: martelamento de limalhas, uma profundidade de corte ou avanço muito alto, **inclusão de areia no material da peça**, aresta postiça, **vibrações ou desgaste excessivo na pastilha**.



Figura 50 -Quebra de Aresta

Relativamente às ferramentas de desgaste, em especial os concaves, para além do levantamento estatístico realizado, entendeu-se fundamental conhecer mais sobre a composição das mesmas e que outras alternativas existem no mercado.

Como primeira análise efetuou-se uma espectroscopia de massa, e tal como está demonstrado no anexo 4, os primeiros concaves analisados apresentam uma composição química com elevada percentagem de carbono.

Posteriormente utilizando uma máquina EMCO, foi possível ter perceber o nível de desgaste dos concaves. Nas Figuras 51 e 52 abaixo representadas é possível analisar um concave novo e outro usado, sendo evidente o seu desgaste.

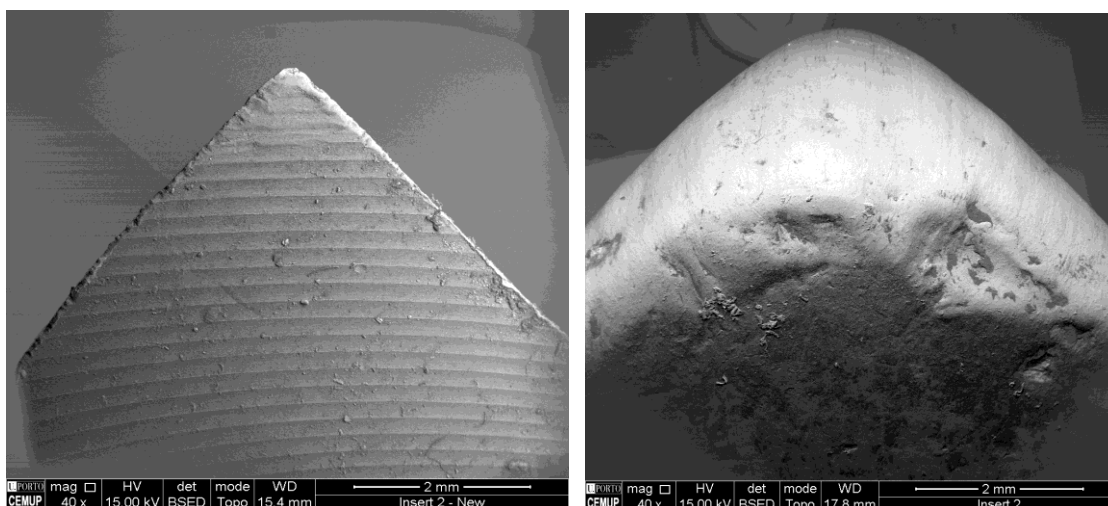


Figura 51 - Concave: (a) novo; (b) usado

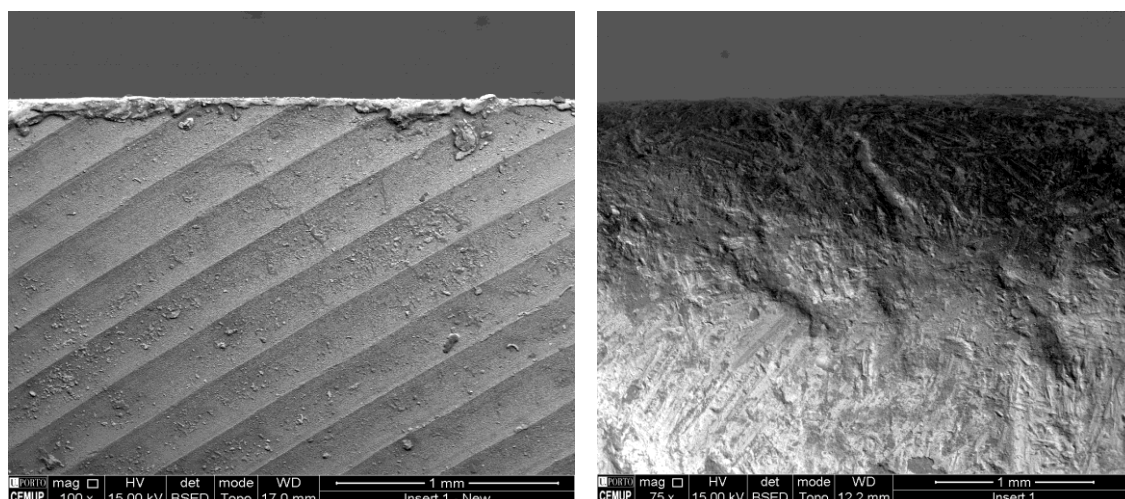


Figura 52 - Aresta: (a) Nova; (b) Usada

O objetivo deste estudo que ainda não está terminado, e que irá culminar com a elaboração de um artigo científico já em curso, será perceber qual a melhor composição química dos concaves de modo a aumentar o seu tempo de vida útil, diminuindo desta forma os tempos improdutivo para mudança de ferramenta.

Presença de materiais contaminantes ao processo de fabrico

Durante a análise ao processo de fabrico, percebeu-se que se havia uma grande contaminação de matérias não cortiça. Esta contaminação era na sua maioria composta por pedras de diversos tamanhos, sendo que tinha essencialmente repercussão no transporte pneumático, provocando um enorme desgaste nas paredes do mesmo. Realizou-se uma análise estatística que nos permitiu identificar onde ficava retida maior quantidade de material contaminante. As Figuras 53 e 54 evidenciam que de Janeiro a Maio de 2016 foram retirados do processo **84253** kg de material contaminante.

Tira Pesados – 1ª Trituração

Entre Janeiro e Maio de 2016 foram retirados **30873kg** de pesados na 1ª Trituração

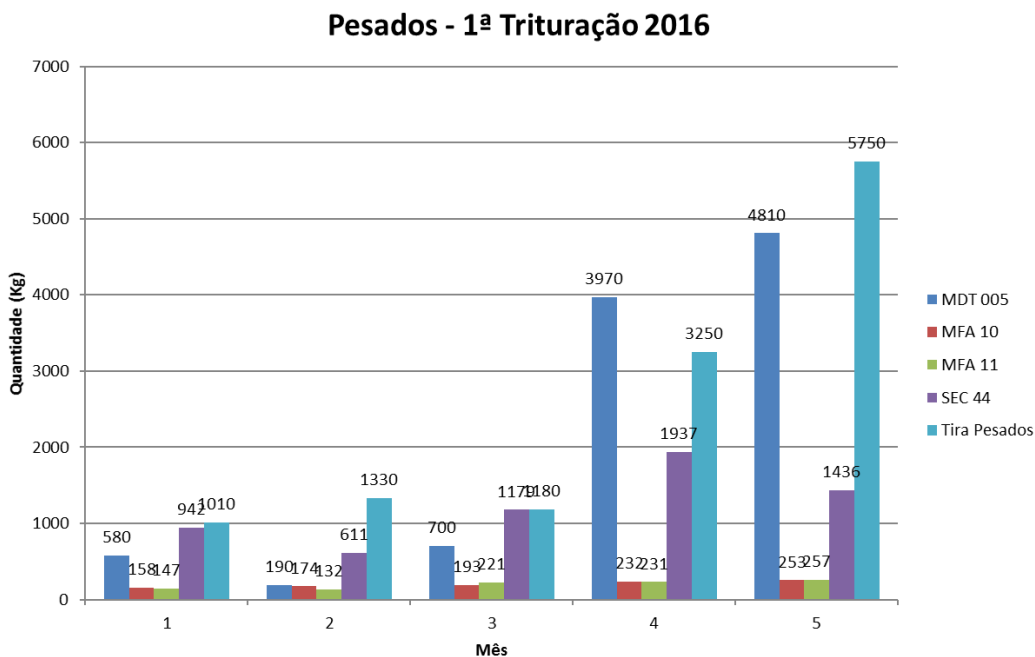


Figura 53 - Tira Pesados 1ª Trituração

Tira Pesados – 3ª Trituração

Entre Janeiro e Maio de 2016 foram retirados **53380kg** de pesados na 3ª Trituração

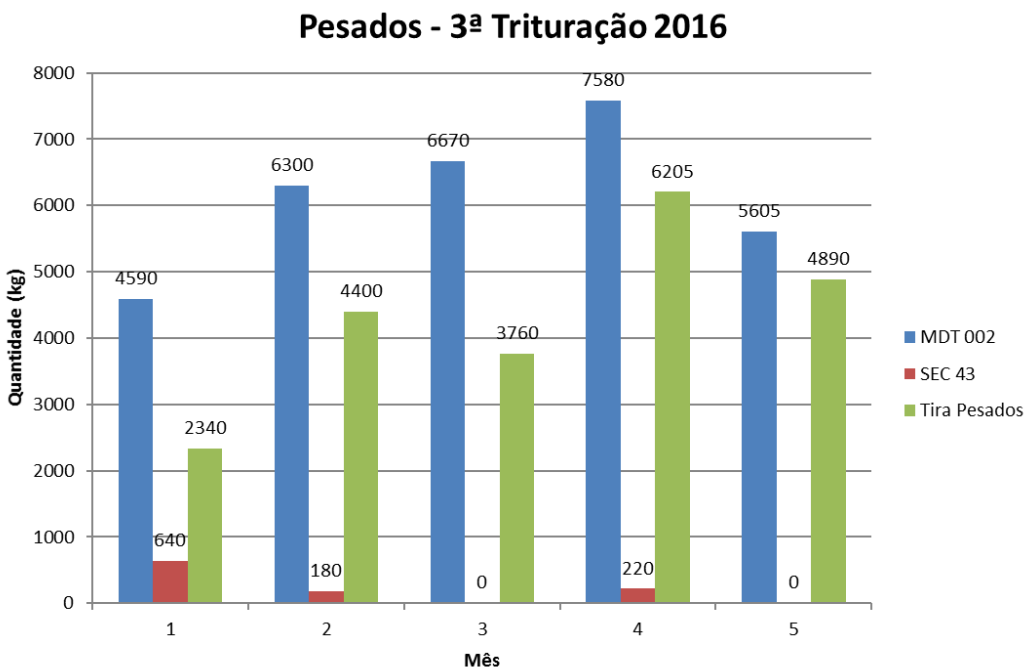


Figura 54 – Tira Pesados 3ª Trituração

3.5 Análise da eficiência do processo

Nos últimos anos, devido ao aumento de competitividade entre as empresas, têm sido cada vez mais utilizadas técnicas de análise de eficiência produtiva.

Para se conhecer um processo como um todo importa conhecer todas as variantes que estão diretamente envolvidas. Com este estudo pretendia-se ficar a conhecer qual o nível de eficiência de alguns equipamentos na área da trituração. Os equipamentos que foram alvo desta análise foram os MDT, pois representam o início de toda a *supply chain*.

3.5.1 Levantamento da situação inicial

Dado o pouco conhecimento sobre os indicadores de desempenho de alguns equipamentos, havia a necessidade de perceber e avaliar a eficiência geral dos equipamentos, identificar o campo de atuação com maior retorno e conseguir identificar os equipamentos que apresentam maiores perdas.

As principais dificuldades encontradas foram a existência de registos pouco rigorosos por parte da manutenção e a ausência de registos sobre o desempenho dos equipamentos.

Este levantamento é sem dúvida uma mais-valia, pois permite perceber como a ACC pode aumentar a eficiência do equipamento, aumentar a capacidade produção e automaticamente diminuir os tempos improdutivo.

De seguida são apresentados os cálculos dos OEE entre Janeiro e Maio de 2016, para o equipamento de trituração que foi alvo de estudo. De notar a baixa eficiência evidenciada no mês de Abril, sendo que tal teve diretamente a ver com um conjunto de encravamentos que provocaram a paragem durante períodos prolongados. Para o cálculo destes OEE considerou-se a qualidade como sendo 100%, pois como estamos a trabalhar com um material 100% reciclável, não se considera haver desperdícios de material.

Tabela 10 - Cálculo de OEE Janeiro 2016

CÁLCULO DE OEE						
Item	FórmulaS	Abreviatura	Designação OEE	Valor	Unidade	
A		TT	Tempo Total	427,5	Horas	A
B		TNP	Tempo não Planeado	0	Horas	B
C	C = A-B	TTO	Tempo Total de Operação	427,5	Horas	C
D		PP	Paragens Planeadas	24	Horas	D
E	E = C-D	TPP	Tempo Planeado de Produção	403,5	Horas	E
F		PNP	Paragens não Planeadas	65	Horas	F
G	G = E-F	TRP	Tempo Real de Produção	338,5	Horas	G
H	H = G/A*100	D	FACTOR DISPONIBILIDADE	79,2	%	H
I		TCN	Velocidade Nominal do Equipamento/Tempo de Ciclo Nominal	3500	Exs/h	I
J		PT	Produção Teórica	427,5	Horas/mês	J
K	K=I*J	PTR	Produção Total Real	1496250		K
L	L=K*I	PRE	Produção Real do Equipamento/Tempo Real de Produção	1425000		L
M	M=G-L	PE	Perdas de Eficiência	338,5		
N	M = L/K*100	E	EFICIÊNCIA	95,2	%	N
O		PR	Produção Rejeitada (desperdício)	0	Exs	O
P		PRT	Produção Retrabalhada	0	Exs	Q
Q	Q=K-O-P	PPR	Produção à Primeira	100,0	%	S
R	R=Q*I	TUP	Tempo Útil de Produção	350000,0		
S	S=L-R	PQ	Perdas de Qualidade	0,0		
T	Q = L/O*100	Q	QUALIDADE	100,0	%	T
R	R = H*M*Q/10.000	OEE	EFICÁCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS	75,4	%	U
D		E		Q		OEE
79,2		x	95,2		x	100,0
				=		75,4

A Tabela 10 reflete o cálculo do OEE para o mês de Janeiro, sendo que este apresenta um valor de 75.4 %, tendo este valor sido penalizado pela elevada indisponibilidade dos equipamentos.

Tabela 11 - Cálculo de OEE Fevereiro 2016

CÁLCULO DE OEE						
Item	Fórmulas	Abreviatura	Designação OEE	Valor	Unidade	
A		TT	Tempo Total	427,5	Horas	A
B		TNP	Tempo não Planeado	0	Horas	B
C	C = A-B	TTO	Tempo Total de Operação	427,5	Horas	C
D		PP	Paragens Planeadas	16	Horas	D
E	E = C-D	TPP	Tempo Planeado de Produção	411,5	Horas	E
F		PNP	Paragens não Planeadas	67	Horas	F
G	G = E-F	TRP	Tempo Real de Produção	344,5	Horas	G
H	H = G/A*100	D	FACTOR DISPONIBILIDADE	80,6	%	H
I		TCN	Velocidade Nominal do Equipamento/Tempo de Ciclo Nominal	3500	Exs/h	I
J		PT	Produção Teórica	427,5	Horas/mês	J
K	K=I*J	PTR	Produção Total Real	1496250		K
L	L=K*I	PRE	Produção Real do Equipamento/Tempo Real de Produção	1425000		L
M	M=G-L	PE	Perdas de Eficiência	344,5		
N	M = L/K*100	E	EFICIÊNCIA	95,2	%	N
O		PR	Produção Rejeitada (desperdício)	0	Exs	O
P		PRT	Produção Retrabalhada	0	Exs	Q
Q	Q=K-O-P	PPR	Produção à Primeira	100,0	%	S
R	R=Q*I	TUP	Tempo Útil de Produção	350000,0		
S	S=L-R	PQ	Perdas de Qualidade	0,0		
T	Q = L/O*100	Q	QUALIDADE	100,0	%	T
R	R = H*M*Q/10.000	OEE	EFICÁCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS	76,7	%	U
		D	E	Q	OEE	
		80,6	x	95,2	x	100,0
				=		76,7

A Tabela 11 reflete o cálculo do OEE para o mês de Fevereiro, sendo que este apresenta um valor de 76.7 %, tendo este valor sido também penalizado pela elevada indisponibilidade dos equipamentos.

Tabela 12 - Cálculo de OEE Março 2016

CÁLCULO DE OEE					
Item	Fórmulas	Abreviatura	Designação OEE	Valor	Unidade
A		TT	Tempo Total	495	Horas
B		TNP	Tempo não Planeado	0	Horas
C	C = A-B	TTO	Tempo Total de Operação	495	Horas
D		PP	Paragens Planeadas	28	Horas
E	E = C-D	TPP	Tempo Planeado de Produção	467	Horas
F		PNP	Paragens não Planeadas	50	Horas
G	G = E-F	TRP	Tempo Real de Produção	417	Horas
H	H = G/A*100	D	FACTOR DISPONIBILIDADE	84,2	%
I		TCN	Velocidade Nominal do Equipamento/Tempo de Ciclo Nominal	3500	Exs/h
J		PT	Produção Teórica	495	Horas/mês
K	K=I*J	PTR	Produção Total Real	1732500	
L	L=K*I	PRE	Produção Real do Equipamento/Tempo Real de Produção	1650000	
M	M=G-L	PE	Perdas de Eficiência	417	
N	M = L/K*100	E	EFICIÊNCIA	95,2	%
O		PR	Produção Rejeitada (desperdício)	0	Exs
P		PRT	Produção Retrabalhada	0	Exs
Q	Q=K-O-P	PPR	Produção à Primeira	100,0	%
R	R=Q*I	TUP	Tempo Útil de Produção	350000,0	
S	S=L-R	PQ	Perdas de Qualidade	0,0	
T	Q = L/O*100	Q	QUALIDADE	100,0	%
R	R = H*M*Q/10.000	OEE	EFICÁCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS	80,2	%
D		E		Q	
84,2		x	95,2		x
			100,0		=
				80,2	

A Tabela 12 reflete o cálculo do OEE para o mês de Março. Neste mês é possível notar uma pequena evolução relativamente aos meses anteriores. Aqui e como o mês de Março foi um dos períodos com menos tempos improdutivos, o valor do OEE subiu para 80.2%.

Tabela 13 - Cálculo de OEE Abril 2016

CÁLCULO DE OEE						
Item	FórmulaS	Abreviatura	Designação OEE	Valor	Unidade	
A		TT	Tempo Total	450	Horas	A
B		TNP	Tempo não Planeado	0	Horas	B
C	C = A-B	TTO	Tempo Total de Operação	450	Horas	C
D		PP	Paragens Planeadas	72	Horas	D
E	E = C-D	TPP	Tempo Planeado de Produção	378	Horas	E
F		PNP	Paragens não Planeadas	70	Horas	F
G	G = E-F	TRP	Tempo Real de Produção	308	Horas	G
H	H = G/A*100	D	FACTOR DISPONIBILIDADE	68,4	%	H
I		TCN	Velocidade Nominal do Equipamento/Tempo de Ciclo Nominal	3500	Exs/h	I
J		PT	Produção Teórica	450	Horas/mês	J
K	K=I*J	PTR	Produção Total Real	1575000		K
L	L=K*I	PRE	Produção Real do Equipamento/Tempo Real de Produção	1500000		L
M	M=G-L	PE	Perdas de Eficiência	308		
N	M = L/K*100	E	EFICIÊNCIA	95,2	%	N
O		PR	Produção Rejeitada (desperdício)	0	Exs	O
P		PRT	Produção Retrabalhada	0	Exs	Q
Q	Q=K-O-P	PPR	Produção à Primeira	100,0	%	S
R	R=Q*I	TUP	Tempo Útil de Produção	350000,0		
S	S=L-R	PQ	Perdas de Qualidade	0,0		
T	Q = L/O*100	Q	QUALIDADE	100,0	%	T
R	R = H*M*Q/10.000	OEE	EFICÁCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS	65,2	%	U
D		E		Q		OEE
68,4	x	95,2	x	100,0	=	65,2

A Tabela 13 reflete o cálculo do OEE para o mês de Abril. Dos meses estudados este revelou-se ser o mais crítico. A vasta presença de material contaminante na matéria-prima, fez com que o a eficácia dos equipamentos ficasse muito reduzida. Durante este mês houve inúmeras paragens, fazendo descer consideravelmente o fator disponibilidade dos equipamentos.

Tabela 14 - Cálculo de OEE Maio 2016

CÁLCULO DE OEE					
Item	FórmulaS	Abreviatura	Designação OEE	Valor	Unidade
A		TT	Tempo Total	450	Horas
B		TNP	Tempo não Planeado	0	Horas
C	C = A-B	TTO	Tempo Total de Operação	450	Horas
D		PP	Paragens Planeadas	16	Horas
E	E = C-D	TPP	Tempo Planeado de Produção	434	Horas
F		PNP	Paragens não Planeadas	12	Horas
G	G = E-F	TRP	Tempo Real de Produção	422	Horas
H	H = G/A*100	D	FACTOR DISPONIBILIDADE	93,8	%
I		TCN	Velocidade Nominal do Equipamento/Tempo de Ciclo Nominal	3500	Exs/h
J		PT	Produção Teórica	450	Horas/mês
K	K=I*J	PTR	Produção Total Real	1575000	
L	L=K*I	PRE	Produção Real do Equipamento/Tempo Real de Produção	1500000	
M	M=G-L	PE	Perdas de Eficiência	422	
N	M = L/K*100	E	EFICIÊNCIA	95,2	%
O		PR	Produção Rejeitada (desperdício)	0	Exs
P		PRT	Produção Retrabalhada	0	Exs
Q	Q=K-O-P	PPR	Produção à Primeira	100,0	%
R	R=Q*I	TUP	Tempo Útil de Produção	350000,0	
S	S=L-R	PQ	Perdas de Qualidade	0,0	
T	Q = L/O*100	Q	QUALIDADE	100,0	%
R	R = H*M*Q/10.000	OEE	EFICÁCIA GLOBAL DOS EQUIPAMENTOS	89,3	%
D		E		Q	
93,8		x	95,2		x
			100,0		=
			89,3		

A Tabela 14 reflete o cálculo do OEE para o mês de Maio. Dos meses estudados este foi o que obteve melhor resultado. Houve muito poucas avarias, logo o fator disponibilidade disparou. O mês de Maio “fecha” com um OEE de 89.3%.

A Figura 55, através de um gráfico de barras, ilustra a evolução do valor do OEE nestes 5 primeiros meses de 2016.

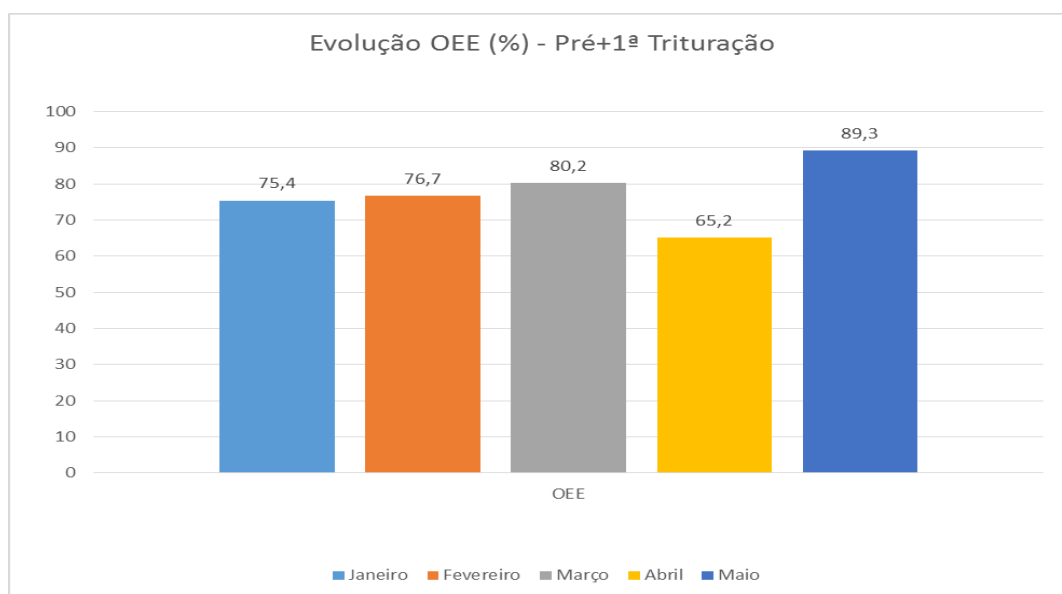


Figura 55 - Evolução OEE 2016

3.6 Processo produtivo

3.6.1 Etapas do processo

A Figura 56, que se apresenta abaixo, representa o fluxo produtivo da unidade de granulados. O processo inicia-se com a deposição de matéria-prima numa moega vibratória que vai alimentando o moinho destróçador. De seguida dá-se uma primeira separação granulométrica que termina com as devidas pesagens. A matéria-prima irá posteriormente irá adquirir as propriedades desejadas através de processos intermédios. Existindo a necessidade de obter granulometrias menores, a matéria-prima previamente granulada é conduzida para moinhos que têm a função de diminuir o tamanho do grão. Por fim, o granulado é separado por granulometria, podendo ser ensilado, ensacado ou enfardado.

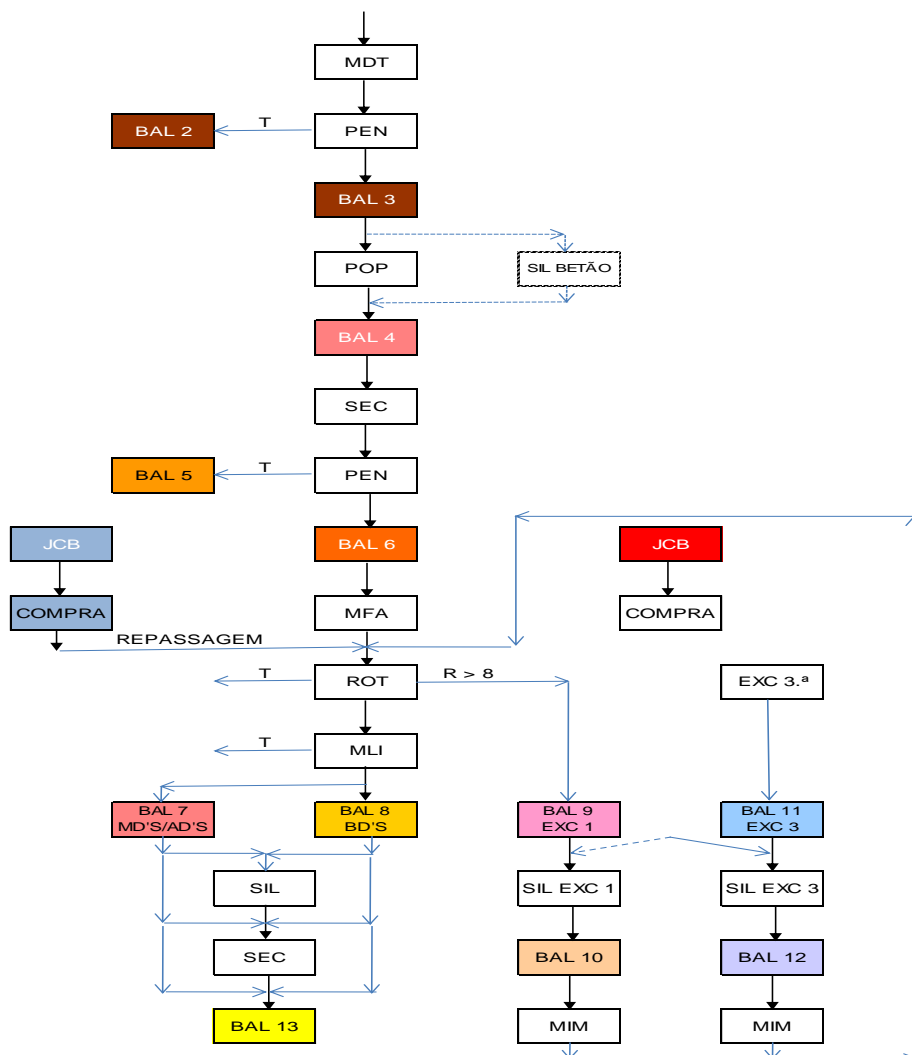


Figura 56 - Fluxograma Processo Produtivo

3.6.2 Caracterização do processo

O processo de fabricação começa pela trituração, local onde toda a matéria é triturada para que possa posteriormente ser separada por granulometria e densidade.

Os granulados são obtidos através da ação de vários tipos de moinhos em função do material a triturar e do tipo de grânulos pretendidos [36]. É também, geralmente, efetuada uma secagem por circulação forçada de ar quente, usualmente em secadores rotativos, para conferir ao granulado o grau de humidade desejado. Na Figura 57 é possível observar em detalhe o fluxograma para a produção de granulado.

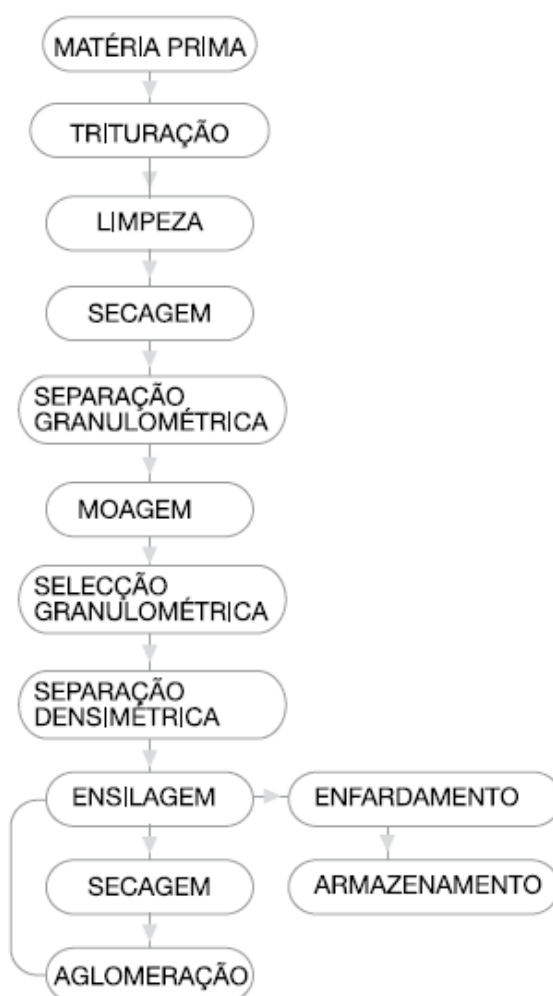


Figura 57 - Fluxograma Produção de Granulado

A partir dos granulados, temos a produção dos aglomerados compostos de cortiça, que resultam de um processo de aglutinação dos grânulos com uma granulometria e massa volúmica específicas e pré-determinadas por ação conjunta da pressão, temperatura e

um agente de aglutinação, em função do produto e aplicação pretendida. Após recurso a doseamento automático ou manual, a mistura de grânulos com o (s) aglutinante (s) e eventualmente outros agentes auxiliares, é habitualmente efetuada através de um processo mecânico (usualmente em misturadores de pás ou helicoidais), usando-se um processo de rolos para o caso do “*rubbercork*” [37].

A mistura a utilizar, é medida e colocada em moldes, usualmente metálicos e de forma paralelepípedica (no fabrico de rolos são utilizados moldes cilíndricos), após o que são colocadas as tampas e se efetua uma prensagem, trancando sob determinada compressão. Os moldes contendo a mistura prensada são colocados (para polimerização dos aglutinantes) em estufas de “cura” que podem ser fornos de aquecimento ou sistemas de alta-frequência contínuos (túneis) ou descontínuos. No primeiro caso, são geralmente utilizadas temperaturas entre os 110-150°C, com um período de duração de 4 a 22 horas [38]. No segundo caso, são utilizados moldes em fibra de vidro, sendo este processo bastante mais rápido, podendo chegar a valores entre 3 e 4 minutos [38].

Após a “cura”, efetua-se a desmoldagem e um arrefecimento/estabilização obtendo-se um bloco de aglomerado que é laminado em folhas, por vezes a quente.

A fase seguinte é a lixagem, para acerto da sua espessura e para conferir o grau de rugosidade desejado. As folhas assim preparadas são então cortadas, usualmente ladrilhos quadrados ou retangulares, e depois sujeitos ao acerto das dimensões e esquadria [36]. No caso dos rolos estes são “desenrolados” por laminagem contínua do bloco cilíndrico, obtendo-se uma folha contínua que vai sendo enrolada.

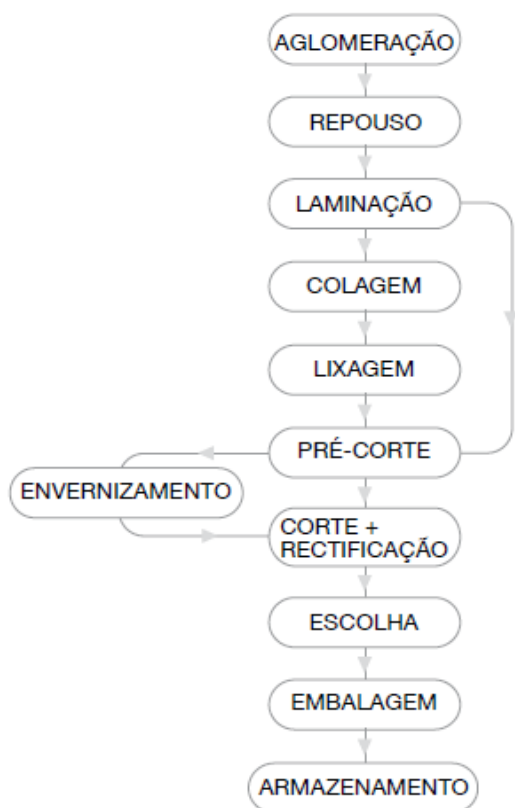


Figura 59 – Fluxograma de Produção de placas de cortiça

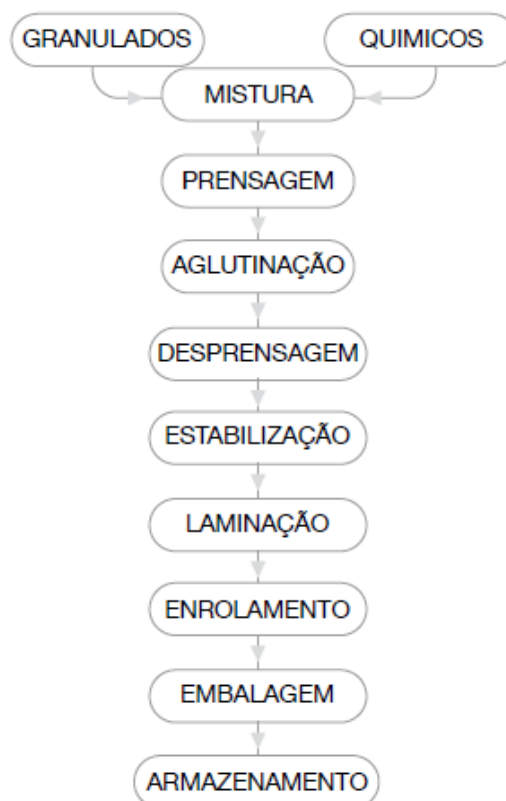


Figura 58 - Fluxograma de produção de rolos de cortiça

3.6.3 Fluxo de informação

A informação operacional ao longo do processo recorre a um recurso essencial que são as declarações de produção. Esta informação é dada pelo chefe de equipa de cada turno no momento em que este preenche a declaração de produção. Nesta declaração irá colocar a quantidade de matéria-prima consumida, os tempos improdutivos, e a quantidade de granulado produzido.

Posteriormente esta informação é introduzida no sistema informático da ACC, ficando desta forma disponível para todos os utilizadores.

3.6.4 Planeamento da produção

Sabendo de que forma se desenvolve a produção na UI de Granulados é também importante saber como se faz o planeamento desta. Anualmente é feito um planeamento global através de previsões tendo em conta sazonalidades e tendências

observadas em anos passados. Este planeamento inicial tem em conta as capacidades produtivas de cada unidade industrial.

O departamento de planeamento de granulados e operações divide em dois grandes grupos os seus clientes, o mercado interno e o de exportação.

Para o mercado interno é feito um planeamento semanal com base nas encomendas que existem em carteira, sendo que para isso é analisado em plataforma eletrónica um relatório de necessidades semanal. Aqui é decidido se é necessário adquirir produto no mercado ou se existe *stock* suficiente para dar resposta às encomendas.

Já quando se trata do mercado de exportação, o departamento de serviço a clientes recebe as encomendas e coloca-as na plataforma eletrónica da ACC. Deste modo as encomendas que estão a ser requisitadas pelo mercado estão disponíveis para que se faça um plano de produção com base não só no *stock* existente mas também tendo em conta as quantidades pedidas pelos clientes.

3.7 Implementação de soluções

Ao longo deste trabalho ficaram claras as carências existentes na unidade de granulados da ACC, como tal foram realizados um conjunto de atividades que visam implementar soluções alternativas para suprir os problemas encontrados.

Criação de plataforma informática

A criação de uma ferramenta informática de apoio à decisão visou essencialmente suprir a pouca clareza e rigor que os registos apresentavam até à data.

Com a criação desta plataforma pretendia-se para além de promover a sustentabilidade, terminando com registos em papel, informatizar toda a informação ao nível operacional, aumentar a eficiência da operação e diminuir a probabilidade de erro.

A principal dificuldade encontrada foi a ausência de qualquer sistema informático ao nível da operação, que era patente na falta de registos sobre o desempenho dos equipamentos.

Quando o utilizador abre a ferramenta de trabalho, aparece um ecrã de boas-vindas à plataforma, tal como mostra a Figura 60.



Figura 60 - Interface de boas vindas à plataforma operacional

Como ilustra a Figura 61, cada utilizador tem as suas credenciais de acesso, garantindo desta forma que apenas os colaboradores devidamente credenciados acedem aos dados da operação.

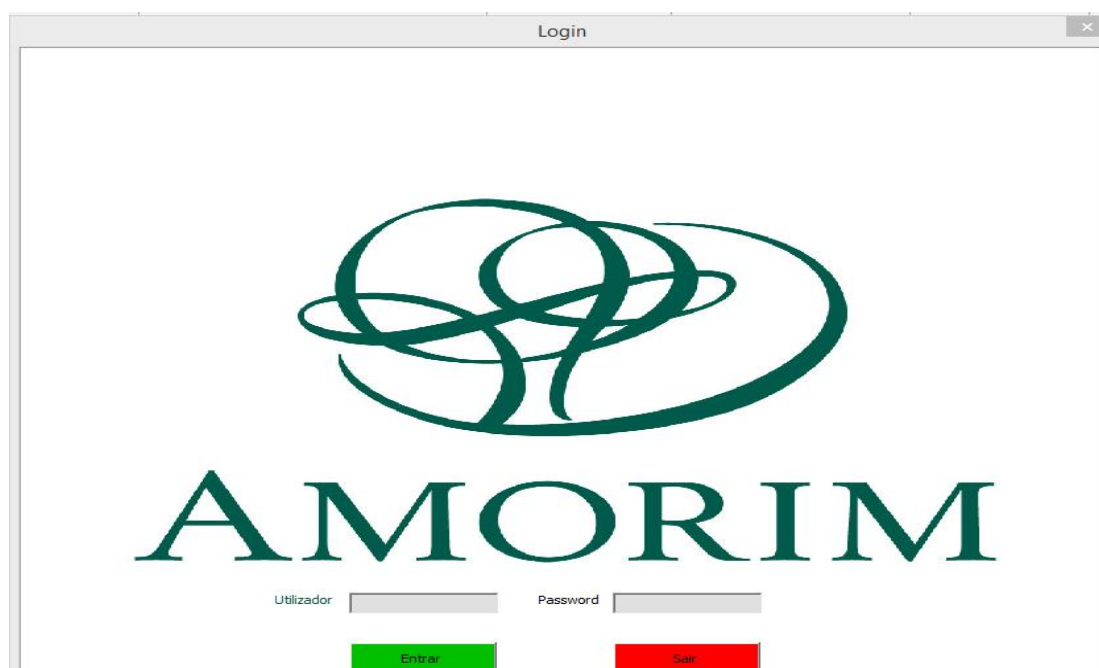


Figura 61 - Interface de login à plataforma operacional

Consoante o nível de permissões será possível cadastrar os utilizadores por classes. Uma gama de utilizadores terão por exemplo acesso a registos, consultas e histórico, outros apenas poderão fazer registos.

Após o login estar efetuado cada a plataforma abre um ecrã multiescolha, tal como nos mostra a Figura 62, que permite ao utilizador fazer registos diferenciados. Aqui podem ser registados todos os carregamentos de matéria-prima efetuados, onde automaticamente a plataforma calcula pesagens parciais e totais. Pode o utilizador registar todos os tempos improdutos que aconteceram durante o seu turno de trabalho.

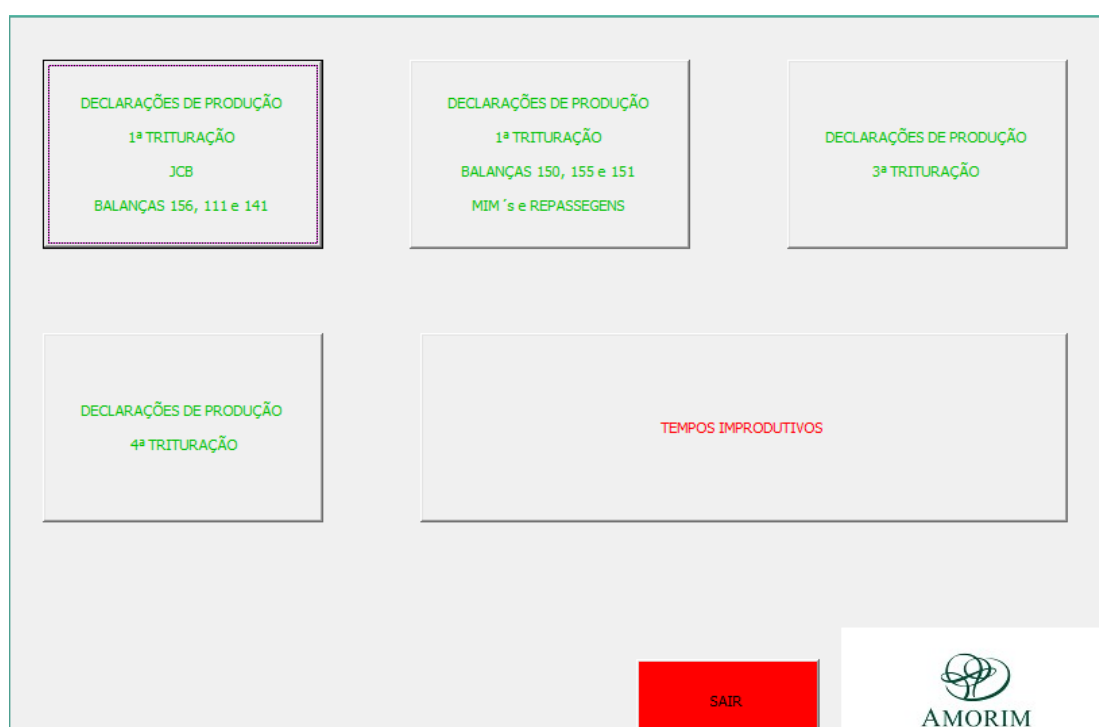


Figura 62 - Interface de seleção do tipo de registo

Tal como é possível verificar nas Figuras 63 a 65, o utilizador pode escolher qual a causa do tipo de paragem, qual o seu posto de trabalho, turno, e a hora de início e fim da intervenção. O campo “paragem nº”, é um contador automático que atualiza a cada novo registo de um tempo improdutivo. Os totais parciais e absolutos são mais uma vez calculados automaticamente pela plataforma. Todas as interfaces de registo têm um campo de preenchimento livre para o utilizador colocar as observações que entender necessárias.

COLABORADOR POSTO TRABALHO TURNO DATA PARAGEM Nº

		INÍCIO	FIM	TOTAL PARCIAL	
I - TEMPO DE PARAGEM INDUZIDO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> SEM PARAGEM
P - TEMPO DE PARAGEM PRÓPRIO	<input type="text"/> <ul style="list-style-type: none"> I1 - FALTA DE MATERIAS PRIMA CORTIÇA I2 - FALTA DE ENERGIA I3 - FALTA DE MEIOS I4 - FALTA DE PESSOAL I5 - TEMPO NÃO REQUERIDO P/ PRODUÇÃO 	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> SEM PARAGEM
N - TEMPO NÃO REQUERIDO P/ PRODUÇÃO	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="checkbox"/> SEM PARAGEM

TOTAL TEMPO IMPRODUTIVO

OBSERVAÇÕES




Figura 63 - Interface de registo de pesagens

COLABORADOR	TURNO	DATA	CARREGAMENTO Nº	JCB	POPCORK
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

ARMAZÉM	ARMAZÉM	ARMAZÉM
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
PRODUTO	PRODUTO	PRODUTO
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

1	<input type="text"/>	14	<input type="text"/>	27	<input type="text"/>	40	<input type="text"/>
2	<input type="text"/>	15	<input type="text"/>	28	<input type="text"/>	41	<input type="text"/>
3	<input type="text"/>	16	<input type="text"/>	29	<input type="text"/>	42	<input type="text"/>
4	<input type="text"/>	17	<input type="text"/>	30	<input type="text"/>	43	<input type="text"/>
5	<input type="text"/>	18	<input type="text"/>	31	<input type="text"/>	44	<input type="text"/>
6	<input type="text"/>	19	<input type="text"/>	32	<input type="text"/>	45	<input type="text"/>
7	<input type="text"/>	20	<input type="text"/>	33	<input type="text"/>	46	<input type="text"/>
8	<input type="text"/>	21	<input type="text"/>	34	<input type="text"/>	47	<input type="text"/>
9	<input type="text"/>	22	<input type="text"/>	35	<input type="text"/>	48	<input type="text"/>
10	<input type="text"/>	23	<input type="text"/>	36	<input type="text"/>	49	<input type="text"/>
11	<input type="text"/>	24	<input type="text"/>	37	<input type="text"/>	50	<input type="text"/>
12	<input type="text"/>	25	<input type="text"/>	38	<input type="text"/>	51	<input type="text"/>
13	<input type="text"/>	26	<input type="text"/>	39	<input type="text"/>	52	<input type="text"/>

TOTAL (Kg)
 TOTAL (Kg)
 TOTAL (Kg)

BAL. 156 (TRITURADO BK)
 BAL. 111 (TERRAS)
 BAL. 141 (TRITURADO BK)
 TOTAL BALANÇAS (Kg)

OBSERVAÇÕES




Figura 64 - Interface de registo


COLABORADOR	POSTO TRABALHO	TURNO	DATA	PARAGEM Nº	
Thiago	G300	1	25/09/2016 20:10	12	
I - TEMPO DE PARAGEM INDUZIDO	I2 - FALTA DE ENERGIA	INÍCIO	FIM	TOTAL PARCIAL	<input type="checkbox"/> SEM PARAGEM
		12:00	12:30	00:30	
P - TEMPO DE PARAGEM PRÓPRIO		00:00	00:00	00:00	<input checked="" type="checkbox"/> SEM PARAGEM
N - TEMPO NÃO REQUERIDO P/ PRODUÇÃO	N5 - MANUTENÇÃO PREVENTIVA	08:00	09:30	01:30	<input type="checkbox"/> SEM PARAGEM
TOTAL TEMPO IMPRODUTIVO				2:00	
OBSERVAÇÕES					
É necessária a substituição de concaves no MDT 002.					
INSERIR		GUARDAR		LIMPAR	
				SAIR	
					

Figura 65 - Interface de registo de tempos improdutos

Projeto de instalação de um eletroímã

Dada a presença de demasiado material ferroso na matéria-prima, esta é uma medida que deve ser implementada o quanto antes. A existência de ferro é devastadora não só para o equipamento como um todo, como para as ferramentas de corte, que acabam por ver a sua vida útil reduzida drasticamente. A contaminação de ferro na cortiça é também altamente penalizadora no que toca à eficiência de equipamentos e de operação, pois vai contribuir em larga escala para o aumento de tempos improdutos. Esta é uma implementação que tem um investimento relativamente baixo, tendo em conta o potencial retorno no aumento de vida útil das ferramentas de corte e no aumento direto de produtividade.

Para isto pretende-se utilizar o material descrito na Figura 66.

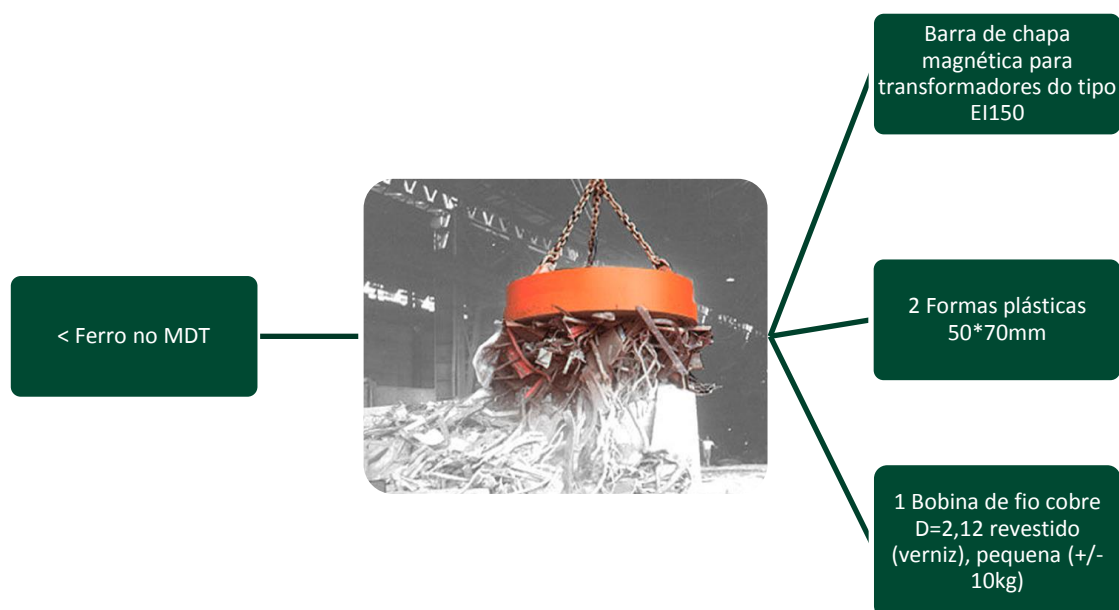


Figura 66 - Projeto de instalação de um Eletroímã

3.8 Análise económica do *Pay-Back*

O período de recuperação é um critério em que prevalece o fator tempo.

Procura-se medir o tempo que demora entre a realização do investimento e a sua recuperação através do *cash flow* de exploração acumulado. Ou seja, um projeto de investimento possui inicialmente um período de despesas (em investimento) a que se segue um período de receitas, considerando-se essas receitas líquidas dos custos do exercício. As receitas recuperam o capital investido, e o período de tempo necessário para as receitas recuperarem a despesa em investimento é designado período de recuperação.

O período de recuperação é um método aconselhável quando se suspeita ser rápido o período de obsolescência dos equipamentos (indústrias de forte inovação tecnológica), ou quando se sabe ser limitado o período de exploração (atividades em regime de concessão). Tem como principal vantagem fornecer uma ideia precisa da rapidez da recuperação financeira total dos investimentos, na ótica da tesouraria.

Nas soluções propostas o retorno do investimento será muito rápido. Na implementação da ferramenta informática, como foi desenvolvida ao longo desta

dissertação apenas terá custos de manutenção da mesma. No que à instalação do eletroímã diz respeito, o custo é demasiado reduzido tendo em conta o potencial ganho, pois basta que uma só paragem seja evitada para a empresa ter o retorno do investimento.

3.9 Novas ideias de melhoria

A implementação de um ERP que permita que todos falem a mesma linguagem será certamente uma mais-valia para todos. A existência de uma plataforma colaborativa será muito útil para fazer uma ligação de todos os sectores, desde a receção da matéria-prima até à expedição do produto acabado.

Algumas sugestões de melhoria podem passar por:

- Diminuir o uso de informação em formato de papel;
- Com a introdução dos dados diretamente em plataforma eletrónica evitam-se erros e retrabalho. Poupano energia, recursos e dinheiro;
- Criação de *Standard Work*;
- Gestão de Ativos (ao nível dos equipamentos);
- Ter uma manutenção preventiva mais eficaz que permita reduzir os tempos improdutivos. Aumentam-se os ganhos de produção, logo os lucros;
- Criação de sistema de aspiração central, reduzindo custos do ar comprimido;
- As ferramentas de desgaste devem ser substituídas menos vezes (encontrar material com maior durabilidade);
- Utilizar limitadores de corrente (permite que não haja um disparo imediato), para diminuir o número de avarias elétricas;
- Realizar um programa de gestão de energia, que deve compreender as seguintes etapas:
 1. Levantamento e análise de dados históricos;
 2. Auditoria energética;
 3. Planeamento de medidas de eficiência energética;
 4. Implementação e controlo.

CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÃO

4 CONCLUSÕES

4.1 CONCLUSÃO

Na tentativa de estudar a eficiência de equipamentos de trituração, inicialmente, observou-se a necessidade de realizar o levantamento dos registos de avarias referentes aos moinhos utilizados. De acordo com a informação a que foi possível ter acesso, percebeu-se que existem diferentes tipos de avarias. De todas, foram selecionadas as três com maior relevância para o estudo, sendo estas os encravamentos, avarias elétricas e mecânicas, apresentadas por ordem de quantidade. De um total de 30308 paragens por avaria, foram descritos 5634 encravamentos, 1460 avarias elétricas e 1149 avarias mecânicas.

Após evidência das avarias e a sua análise, torna-se pertinente indagar o motivo da existência deste tipo de avarias. Para os encravamentos, a principal causa relaciona-se com a existência de terras/areias na matéria-prima que vai interferir no transporte pneumático, acabando este por, muitas vezes, ficar colmatado. Este material contaminante contribui para um aumento do desgaste das paredes do transporte pneumático, acabando por provocar a sua rotura. Relativamente às avarias elétricas, a principal causa prende-se com a presença de material contaminante que aumenta muito a carga do equipamento, fazendo disparar os quadros elétricos. Como esta indústria trabalha com muitos sistemas acionados por motores elétricos, estes acabam por não se encontrarem devidamente dimensionados para a função que desempenham. As avarias mecânicas relacionam-se com a quantidade de contaminação de materiais ferrosos, provocando, não só o desgaste das ferramentas de corte, como a avaria dos elementos mecânicos pertencentes ao equipamento, como por exemplo o rotor.

De acordo com o estudo elaborado, percebeu-se que existem algumas melhorias que deveriam ser implementadas, variando, estas, na urgência da sua execução. Dentro das mais urgentes, ou seja que devem procurar ser implementadas num curto espaço de tempo aponta-se: (1) a criação de *standard work* para algumas operações; (2) diminuir a quantidade de papel utilizada; (3) o recurso a uma plataforma eletrónica de apoio à operação, procurando diminuir a probabilidade de erro e recursos; e (4) para as

ferramentas de desgaste, deve ser encontrada a solução que apresente maior durabilidade, aumentando a eficiente e diminuindo os tempos improdutivo. A médio prazo deve ser refletida a possibilidade de haver uma gestão de ativos mais eficiente/pormenorizada ao nível dos equipamentos e a procurar implementar um programa de gestão de energia, tentando tornar mais eficiente toda a operação.

Para além das melhorias sugeridas, foi possível constatar que os equipamentos aqui estudados, nomeadamente, os moinhos (MDT), deverão apresentar índices de eficiência muito superiores, uma vez que, com esta situação, o tempo improdutivo revela-se elevado.

A evidência de uma lacuna ao nível da informatização da informação leva a que muita informação seja dissipada ou transmitida de forma errada. Assim, uma boa plataforma colaborativa de informação permitirá otimizar recursos e aumentar a eficiência dos equipamentos e, por conseguinte, agilizar todos os processos. No que diz respeito ao processamento de informação, há, ainda, um caminho a percorrer. Só com a existência de informação detalhada, fidedigna e validada será possível atingir novos níveis de exigência. Apresentando, um exemplo prático, nos registos de manutenção seria importante a utilização de uma plataforma informática, não só para o cadastro de equipamentos estar acessível a todos, mas também para que todos os trabalhos realizados no equipamento sejam devidamente registados, documentados e datados. A monitorização da gestão de ativos, ao nível dos equipamentos, iria favorecer toda a manutenção, ficando todos os intervenientes no processo com conhecimento efetivo de todo o caminho percorrido pela peça, desde o “nascimento” até ao dia de hoje.

Existe ainda uma outra dimensão que merece destaque. Tal como descrito no corpo da investigação, as ferramentas de corte apresentam um tempo de utilização curto, provocando um elevado número de tempos improdutivo. Assim, neste momento, encontra-se em estudo a possibilidade de encontrar uma alternativa que apresente melhor comportamento ao desgaste e, simultaneamente, maior durabilidade. Assim evitar-se-iam mudanças regulares da ferramenta, aumentando a eficiência produtiva.

Sendo a empresa, na qual o presente trabalho se desenvolveu, líder mundial no setor da corticeira, perspectiva-se seja uma mais-valia em qualquer momento conseguir aumentar a eficiência dos seus processos de fabrico.

Nos quatro meses em que se realizou esta dissertação o meu contacto com a indústria corticeira revelou-se deveras gratificante para a minha experiência profissional.

Atualmente, os projetos levados a cabo, encontram-se numa fase intermédia. Desta forma, prevejo que os resultados finais traduzirão mais-valias fundamentais para o futuro da empresa, não só em termos de rentabilidade do trabalho já existente, mas também no sentido de ampliar oportunidades de negócio.

Existem bastantes desafios que revelam ser muito aliciantes para a ACC!

Na minha experiência, posso refletir sobre as principais dificuldades sentidas. Entre estas pode-se mencionar a dificuldade encontrada em ter dados organizados e sistematizados para uma boa recolha de informação. A minha pouca experiência com os processos de fabricos relacionados com a indústria corticeira. Uma vez que, o estudo das ferramentas de corte envolvia fornecedores externos à ACC e sobre os quais tinha pouco controlo, todo o processo de investigação tornou-se mais moroso.

Revela-se importante também realizar uma reflexão sobre as mais-valias da realização do presente trabalho. Nesta ótica, revelou-se uma experiência bastante positiva no sentido em que adquiriu-se um conhecimento mais profundo sobre as características e os comportamentos mecânicos da cortiça, maior conhecimento sobre os processos de fabrico que envolvem esta matéria-prima.

O trabalho desenvolvido, para além das mais-valias referidas, apresentou-se deveras importante para uma experiência/conhecimento da forma como é gerido e organizado o tecido industrial.

BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 BIBLIOGRAFIA

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

5.1 BIBLIOGRAFIA

- [1] APCOR – Associação Portuguesa da Cortiça (<http://www.apcor.pt/portfolio-posts/noticias-apcor>), 9 de Junho de 2016
- [2] Gil, L. (1998). Cortiça — Produção, Tecnologia e Aplicação: Ed INETI, Lisboa.
- [3] Grupo Amorim – A Arte da Cortiça (<http://www.amorim.com/>), 9 de Junho de 2016
- [4] APCOR – Associação Portuguesa da Cortiça (<http://www.apcor.pt/cortica/processo-de-transformacao/descorticamento/>), 15 de Julho de 2016
- [5] Vieira, H. (2009). Análise de características da cortiça amadia relevantes para a sua qualidade industrial. Instituto Superior de Agronomia-Universidade Técnica de Lisboa.
- [6] Grupo Amorim – Características da Cortiça (<http://www.amorim.com/a-cortica/caracteristicas/>), 15 de Julho de 2016
- [7] Fortes, M. A., Rosa, M. E. & Pereira, H. (2004). A Cortiça. Lisboa: IST-Press.
- [8] Instituto Português da Qualidade (IPQ) (2007). Norma Portuguesa – NP EN 13306, 2007. Lisboa: Autor.
- [9] Kardec, A; Nascif, J. (2003). Manutenção: função estratégica. Qualitymark.
- [10] Stephens, M. P. (2010). *Productivity and Reliability-Based Maintenance Management*: Purdue University Press.
- [11] Assis, R. (2004). Apoio à Decisão em Gestão da Manutenção: Lidel.
- [12] CEN - European committee for standardization, Brussels. (2010), EN 113306:2010, European Standard: Maintenance terminology.
- [13] Márquez, A. C. (2007). *The Maintenance Management Framework: Models and Methods*. London: Springer-Verlang.
- [14] Khazraei, K., & Deuse, J. (2011). *A strategic standpoint on maintenance taxonomy*. Journal of Quality in Maintenance Engineering, pp. 96-113.
- [15] Santos, A., & Santos, M. (2007). Utilização do indicador de eficácia global de equipamentos na gestão de melhoria contínua do sistema de manufatura - um estudo de caso. *XXVII encontro Nacional de Engenharia de Produção*. Paraná.

- [16] Hansen, R. C. (2002). *Overall equipment effectiveness: a powerful production / maintenance tool for increased profits*. New York: Industrial Press, Inc.
- [17] Zuashkiani, A., Rahmandad, H. & Jardine, A. K. (2011). Mapping the dynamics of overall equipment effectiveness to enhance asset management practices. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, pp. 74-92.
- [18] Barros, J. F. & Lima, G. B. (2009). A influência da gestão da manutenção nos resultados da organização. *V Congresso nacional de excelência em gestão*, Rio de Janeiro.
- [19] Nakajima, S. (1989). *Introduction to TPM*. Cambridge: Productivity Press.
- [20] Cabral, J. P. (2006). *Organização e Gestão da Manutenção*. Lisboa: Lidel
- [21] Nakajima, S. (1988). *Introduction to TPM: Total Productive Maintenance*. Portland: Productivity Press.
- [22] Silva, J. P. (2009). *OEE - A forma de medir a eficácia dos equipamentos*. <http://www.scribd.com/doc/15122575/>, 26 de Agosto de 2016
- [23] Edwards, F. A., & Starr, A. (2010). Evaluation of overall equipment effectiveness based on market. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, pp. 256-270.
- [24] Willmott, P., & McCarthy, D. (2001). *TPM - A route to world class performance*. Woburn: Butterworth-Heinemann.
- [25] Bilgen, S. (2014). Structure and environmental impact of global energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 38, p. 890-902.
- [26] Saidur, R., Rahim, N. A., Hasanuzzaman, M (2010). A review on compressed-air energy use and energy savings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, p. 1135-53.
- [27] International Energy Agency (2012). *Energy Management Programs for Industry*.
- [28] Russell, C. (2010). *Managing energy from the top down: connecting industrial energy efficiency to business performance*. Lilburn: The Fairmont Press. ISBN 0-88173-625-2.
- [29] CCE – Centro para Conservação de Energia (1997). *Manual do Gestor de Energia*.
- [30] Maqueijo, V. (2010). *Manual de Eficiência Energética Aplicáveis à Indústria Portuguesa: Um Enquadramento Tecnológico Sucinto*. Lisboa: ADENE. ISBN 978-972-8646-18-9.

- [31] Estratégia de Eficiência Energética em PME (2012). IAPMEI, LNEG e ADENE. Lisboa: IAPMEI. ISBN 978-989-8644-00-8.
- [32] ADENE – Agência para a energia (2010). Medidas de Eficiência Energética Aplicáveis à Indústria Portuguesa: Um Enquadramento Tecnológico Sucinto. Portugal.
- [33] Relatório Anual da Corticeira Amorim, 2013.
- [34] Relatório Anual da Corticeira Amorim, 2015.
- [35] Norma Portuguesa 298. 1993. Cortiça em Prancha – Definições, calibragem, classificação e acondicionamento. Instituto Português da Qualidade. Lisboa.
- [36] EGF- Empresa Geral do Fomento (1982). Análise tecnológica do sector corticeiro, Vol. I e II, Lisboa.
- [37] Gil, L. (1998). Cortiça – Produção, Tecnologia e Aplicação. Ed INETI: Lisboa.
- [38] Gil, L. (1987). Cortiça - Tecnologia de processamento e constituição química. Monografia Curso Mestrado Química Orgânica Tecnológica, UNL/LNETI, Ed. DTIQ, Nº 3, Lisboa.
- [39] Moreira, I. (1980). Histologia Vegetal. Editora Didática: Lisboa.
- [40] [Http://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/materials](http://www.sandvik.coromant.com/pt-pt/knowledge/materials), 2 de Setembro de 2016
- [41] Norma Portuguesa 114:1994 (Ed. 3) Cortiça. Granulados. Classificação e características.

ANEXOS

6.1 ANEXO 1

6.2 ANEXO 2

6.3 ANEXO 3

6.4 ANEXO 4

6 ANEXOS










6.1 ANEXO 1

Tabela 15 - Medidas Transversais de aumento de eficiência energética da Indústria Portuguesa

ÂMBITO	MEDIDA/TECNOLOGIA	POUPANÇA TOTAL	
		TEP/ANO (1 TEP=42 GJ)	%
Sistemas acionados por motores elétricos	Otimização de motores	19.115	0.35
	Sistemas de bombagem	2.294	0.04
	Sistemas de ventilação	510	0.01
	Sistemas de compressão	5.161	0.10
	Total	27080	0.50
Produção de calor e frio	Cogeração	27.000	0.50
	Sistemas de combustão	64.043	1.18
	Recuperação de calor	72.048	1.34
	Frio Industrial	1.338	0.02
	Total	164.429	3.04
Iluminação	Total	1.911	0.04
Eficiência do Processo Industrial/Outros	Monitorização e controlo	10.554	0.20
	Tratamento de efluentes	2.402	0.40
	Integração de processos	94.986	1.76
	Manutenção de equipamentos	24.871	0.46
	Isolamentos térmicos	18.012	0.33
	Transportes	48	0.001
	Formação e sensibilização de recursos humanos	3.166	0.06
	Redução de energia reativa	1.125	0.02
	Total	155.164	2.87
Total das Medidas Transversais	348.584	6.45	

















6.2 ANEXO 2

Registos de Manutenção Preventiva

Item	Acção	Tarefa	Ferramenta	Material	Tempo
1		Lubrificação de chumaceiras e sistema de accionamento alimentador. (35g)		Massa Lítio	5
2		Verificação de tensionamento de correias de transmissão (F=50N penetr. 20,92mm) ALI			5
3		Verificação estado desgaste correias.			5
4		Verificação das protecções mecânicas das transmissões			3
5		Verificação de ruídos em motoredutores/motores			2
6		Verificação de fugas e nível de óleo nos motoredutores			2
7		Verificar a existencia de fugas nas ligações hidráulicas, rígidas e flexíveis.			3
8		Verificação de aperto dos parafusos alimentador.			5
9		Verificação dos sistemas de segurança.			5
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					35

6.3 ANEXO 3

Registos de Manutenção Autónoma

Plano Manutenção Autónoma MDT's								
Frequência	Execução	Item	Acção	Órgão	Descrição	Ferramenta	Material	Tempo
Diário	Todos os Turnos	1		Motores	Verificação de ruídos anormais.			2
		2		Motores	Verificação de fugas de óleo em motorreductores.			2
		3		Mangueiras	Verificação de fugas de óleo.			2
		4		Área envolvente e equipamento	Limpeza da área	Vassoura, ar comp. e desperdícios		10
		5		Seguranças	Verificação dos dispositivos de segurança.			2
		6						
		7						
		8						
Semanal	Impar 1.º Turno Par 2.º Turno	9		Rotor	Lubrificação de chumaceiras	Bomba massa	Massa lítio	5
		10		Alimentador	Lubrificação de chumaceiras	Bomba massa	Massa lítio	10
		11		TSF descarga	Lubrificação de chumaceiras	Bomba massa	Massa lítio	5
		12						
		13						
		14						
Mensal	Impar 1.º Turno Par 2.º Turno	15		Central Hidraulica	Limpeza geral da central hidr, verificação de fugas e atestar nivel.		Galp hidroliv 46	10
		16		Gaveta alim.	Lubrificar o suporte da cremalheira	Bomba massa	Massa lítio	5
		17		Motor	Lubrificação de rolamentos (2 bombadas eficazes)	Bomba massa	Massa lítio	2
		18		Gaveta alim.	Verificação do estado das guias			5
		19		Crivos	Verificar estado de desgaste			5
		20		Pastilhas + contra-facas	Verificar estado de desgaste			5
		21						
Especifica		22		Equipamento geral (MDT, alimentador)	Limpeza geral	Pistola lavagem, pincel, desperdícios.	Milcim	
		23						
		24						
		25						
		26						
	Manut.	27		Central Hidraulica	Substituição óleo + filtro (2000h ou 2 anos)			4 horas
	28							

6.4 ANEXO 4

Análise Química do concave

Program: FE-30

2016-05-06 14:23:17

Comment: Stainless steel

11366/99

Average (n=4)

Elements: Type Corrected Concentration -> CA304-3

Amostra: zona 1

Material:

	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ni %	Mo %
\bar{x}	1.5330	0.295	0.286	0.0195	0.0006	11.155	0.267	0.704
	Nb %	Cu %	N %	Al %	Ti %	Sn %	W %	V %
\bar{x}	0.0141	0.1009	0.0791	0.0297	0.0043	0.0020	0.0327	0.7199
	Co %	Fe %						
\bar{x}	0.0228	84.73						

Program: FE-30

2016-05-06 14:22:47

Comment: Stainless steel

11366/99

Single spark(s)

Elements: Type Corrected Concentration -> CA304-3

Amostra: zona 1

Material:

No	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ni %	Mo %
1	1.5559	0.289	0.307	0.0179	<0.0006	11.170	0.274	0.694
2	1.5485	0.297	0.282	0.0206	0.0007	11.147	0.266	0.715
3	1.5216	0.290	0.305	0.0183	0.0007	11.163	0.264	0.688
4	1.5060	0.304	0.250	0.0213	0.0006	11.141	0.264	0.719
No	Nb %	Cu %	N %	Al %	Ti %	Sn %	W %	V %
1	0.0139	0.1034	0.0741	0.0296	0.0042	0.0022	0.0326	0.7154
2	0.0146	0.1008	0.0930	0.0302	0.0043	0.0019	0.0332	0.7303
3	0.0138	0.1021	0.0563	0.0301	0.0043	0.0023	0.0318	0.7096
4	0.0139	0.0974	0.0929	0.0287	0.0042	0.0014	0.0330	0.7243
No	Co %	Fe %						
1	0.0229	84.69						
2	0.0231	84.69						
3	0.0226	84.78						
4	0.0226	84.78						

Program: FE-30
 Comment: Stainless steel
 Average (n=3)

2016-05-06 14:36:59
 11366/99
 Elements: Type Corrected Concentration -> CA304-3

Amostra: zona 2

Material:

	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ni %	Mo %
\bar{x}	1.5423	0.293	0.315	0.0195	0.0006	11.132	0.262	0.698
	Nb %	Cu %	N %	Al %	Ti %	Sn %	W %	V %
\bar{x}	0.0136	0.1026	0.0519	0.0319	0.0043	0.0025	0.0335	0.7159
	Co %	Fe %						
\bar{x}	0.0233	84.76						

Program: FE-30
 Comment: Stainless steel
 Single spark(s)

2016-05-06 14:36:32
 11366/99
 Elements: Type Corrected Concentration -> CA304-3

Amostra: zona 2

Material:

No	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ni %	Mo %
1	1.5552	0.292	0.313	0.0202	0.0006	11.139	0.262	0.710
2	1.5284	0.287	0.317	0.0180	0.0006	11.151	0.260	0.680
3	1.5432	0.299	0.315	0.0204	0.0008	11.105	0.265	0.703
No	Nb %	Cu %	N %	Al %	Ti %	Sn %	W %	V %
1	0.0137	0.1025	0.0571	0.0314	0.0043	0.0024	0.0351	0.7250
2	0.0132	0.1020	0.0338	0.0303	0.0042	0.0024	0.0344	0.7022
3	0.0139	0.1032	0.0647	0.0341	0.0043	0.0025	0.0310	0.7205
No	Co %	Fe %						
1	0.0236	84.71						
2	0.0244	84.81						
3	0.0220	84.75						

Program: FE-30
 Comment: Stainless steel
 Average (n=3)

2016-05-06 14:39:58
 11366/99
 Elements: Type Corrected Concentration -> CA304-3

Amostra: zona 3

Material:

	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ni %	Mo %
\bar{x}	1.5504	0.296	0.322	0.0188	0.0007	11.191	0.270	0.693
	Nb %	Cu %	N %	Al %	Ti %	Sn %	W %	V %
\bar{x}	0.0142	0.1054	0.0244	0.0321	0.0044	0.0024	0.0341	0.7137
	Co %	Fe %						
\bar{x}	0.0237	84.70						

Program: FE-30
 Comment: Stainless steel
 Single spark(s)

2016-05-06 14:39:47
 11366/99
 Elements: Type Corrected Concentration -> CA304-3

Amostra: zona 3

Material:

No	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Cr %	Ni %	Mo %
1	1.5601	0.301	0.318	0.0208	0.0010	11.160	0.271	0.712
2	1.5430	0.294	0.322	0.0180	0.0006	11.162	0.268	0.685
3	1.5479	0.293	0.324	0.0175	<0.0006	11.253	0.270	0.682
No	Nb %	Cu %	N %	Al %	Ti %	Sn %	W %	V %
1	0.0147	0.1052	0.0354	0.0331	0.0045	0.0024	0.0342	0.7200
2	0.0138	0.1050	0.0209	0.0315	0.0044	0.0024	0.0338	0.7064
3	0.0139	0.1060	0.0169	0.0316	0.0043	0.0024	0.0342	0.7146
No	Co %	Fe %						
1	0.0238	84.68						
2	0.0236	84.77						
3	0.0236	84.66						