



# MELHORIA E STANDARDIZAÇÃO DE PROCESSOS NUMA EMPRESA INDUSTRIAL

**GONÇALO ANDRÉ PEREIRA**

setembro de 2020

# MELHORIA E STANDARDIZAÇÃO DE PROCESSOS NUMA EMPRESA INDUSTRIAL

Gonçalo André Pereira  
1150884

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Mecânica



## **MELHORIA E STANDARDIZAÇÃO DE PROCESSOS NUMA EMPRESA INDUSTRIAL**

Gonçalo André Pereira  
1150884

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 Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira.

**2020**

Instituto Superior de Engenharia do Porto  
Departamento de Mecânica



# JÚRI

## **Presidente**

Professora Doutora Maria Eduarda da Cunha e Silva Pinto Ferreira  
Professor Adjunto, Departamento de Matemática, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Orientador**

Professor Doutor Luís Carlos Ramos Nunes Pinto Ferreira  
Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

## **Arguente**

Professora Doutora Marlene Paula Castro Amorim  
Professor Auxiliar, Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo, Universidade de Aveiro



## AGRADECIMENTOS

Ao longo deste processo, vários foram os que de forma contínua intervieram, apoiaram e dinamizaram este projeto, de forma a que este projeto fosse possível. A todos esses, os meus agradecimentos.

Quero agradecer a todos os colaboradores da entidade que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste tão gratificante projeto. Em particular a toda a Unidade Industrial, GMT, que me acolheu, que se demonstraram incansáveis no apoio e colaboração em cada passo do projeto.

De forma particular ao meu orientador da entidade acolhedora, que demonstrou o apoio e confiança imprescindíveis.

De igual modo ao meu orientador do ISEP, Professor Doutor Luís Pinto Ferreira, pela preocupação e apoio contínuo prestado durante todo o trabalho. Assim como ao Diretor do Mestrado em Engenharia Mecânica, Professor Doutor Francisco Silva.

Por último, quero agradecer à minha família e amigos pelo apoio demonstrado no percorrer do projeto. Todos estes revelaram-se também essenciais à elaboração deste processo.



## PALAVRAS CHAVE

Cortiça; Expansão; Processo; DOE; Indústria; Standard Work; OPL

## RESUMO

O presente trabalho foi realizado durante um período de estágio, em contexto industrial numa empresa do setor de compósitos de cortiça e surge da necessidade de melhorar, investigar e desenvolver processos, assim como a sua normalização.

Este subentende três subprojectos, que foram desenvolvidos ao longo do projeto principal. O primeiro, sobre expansão de cortiça através da ação de vapor sobreaquecido. Esta é uma tecnologia patenteada, onde foram revistos os pressupostos desta e comparados com o momento inicial de observação do equipamento. Após, foram restabelecidas as condições de funcionamento e realizado um exaustivo trabalho de testes, de forma a chegar à parametrização que permitisse a obtenção de melhores resultados. Os resultados de expansão tiveram um acréscimo de 480% face à parametrização inicial, obtendo-se valores de expansão da cortiça de 35%.

O segundo, prende-se com a necessidade de um *ramp-up* a um equipamento, um moinho de facas. Para esta otimização foi utilizada a metodologia DOE, onde foi construído um modelo de *output* em função do *input*, com 80% de capacidade em justificar o resultado final. Foram realizadas duas séries de testes de forma a ser possível uma conclusão, tendo sido determinada a influencia de cada parâmetro, assim como a parametrização ideal. Contudo, esta não foi capaz de atingir o objetivo de produção uma vez que foi sentida a necessidade de repensar os componentes a utilizar no equipamento, de forma a que o valor ótimo (para aquele conjunto de *inputs* cumprisse o objetivo.

A última parte relaciona-se com a necessidade de criar uma base para a gestão de conhecimento, assim como a sua padronização, de forma a que seja possível criar uma base e partir destas, a implementação de melhorias. Ao longo de todo o processo, todos os equipamentos foram submetidos à criação de normas, realizadas através de OPL, num total de 25 instruções de trabalho.



## KEYWORDS

Cork; Expansion; Process; DOE; Industry; Standard Work; OPL

## ABSTRACT

*The present work was carried out during an internship period, in an industrial context in a company in the cork composites sector and arises from the need to improve, investigate and develop processes, as well as its normalization.*

*This implies three subprojects, which were developed in the course of the main project. The first, on expansion of cork, through the action of overheated steam. This is a patented technology, where its assumptions were reviewed and compared with the initial moment of observation of the equipment. Afterwards, the operating conditions were restored, and an exhaustive test work was carried out, in order to reach the parameterization that would allow the best results to be obtained. The expansion results had an increase of 480% compared to the initial, obtaining cork expansion values of 35%.*

*The second concerns the need for a ramp-up to equipment, a knife mill. For this optimization, the DOE methodology was used, where an output model was built according to the input, with 80% capacity to justify the output. Two series of tests were carried out to make a conclusion possible. The influence of each parameter was determined, as well as the ideal parameterization. However, it was not able to achieve the objective. The need was felt to rethink the components to be used in the equipment, so that the optimal value for that set of inputs would fulfill the objective.*

*The last part relates to the need to create a base for knowledge management, as well as its standardization, so that it is possible to create a base in order to implement improvements. Throughout the process, all equipment had the creation of standards, carried out through OPL, in a total of 25.*



# LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

## Lista de Abreviaturas

ANOVA	Análise de Variância
CCD	Central Composite Designs
CNM	Cork Nature Materials
DOE	Design of Experiments
FMEA	<i>Failure Mode and Effect Analysis</i>
JIT	Just-in-time
MIM	Moinho de Impacto
MFA	Moinho de Facas
MLI	Mesa Densimétrica
MP	Matéria-prima
OPL	One Point Lesson
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OFAT	One Factor at a Time
PDCA	Plan, Do, Check, Action
PIB	Produto Interno Bruto
RSM	Response Surface Methodology
SMED	Single Minute Exchange of Die
Seg.	Segundo
SOP	Standard Operation Procedure
SW	<i>Standard Work</i>
TSF	Transporte Sem-fim
UA	Unidade de Armazenamento
UD	Unidade de Descarga
UE	Unidade de Expansão

## Lista de Unidades

°C	Grau centígrado
----	-----------------

## Lista de Símbolos

\$	Dólar
€	Euro
%	Porcentagem
®	Marca Registada
$\sigma$	Sigma



## GLOSSÁRIO DE TERMOS

---

<i>Bottleneck</i>	Gargalo
$C_p$	Índice de capacidade de produção do processo
$C_{pk}$	Índice de capacidade de especificação do processo
<i>Input</i>	Introduções ao processo
<i>Jidoka</i>	Autonomação
<i>Output</i>	Resultado do processo
Standard Work	Trabalho normalizado

---



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-METODOLOGIA ACTION RESEARCH. ADAPTADA DE(ZUBER-SKERRIT & FLETCHER, 2007)	29
FIGURA 2-PROCESSO TÍPICO DE IMPLEMENTAÇÃO LEAN(RIVERA & FRANK CHEN, 2007)	39
FIGURA 3- IMPLEMENTAÇÃO DE <i>STANDARD WORK</i> (ADAPTADO DE(HALL, 2004))	40
FIGURA 4- ELEMENTOS DE GESTÃO OPERACIONAL(MORENO, 2006)	42
FIGURA 5-DISTRIBUIÇÃO DE ESPECIFICAÇÃO NUM PROCESSO CAPAZ (KOTZ & JOHNSON, 2017)	43
FIGURA 6-REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS DISPERSÕES	43
FIGURA 8- APLICAÇÃO DE DOE EM PESQUISA CIENTÍFICA(DURAKOVIC, 2017)	45
FIGURA 7- PUBLICAÇÕES DOE POR ÁREA CIENTÍFICA(DURAKOVIC, 2017)	45
FIGURA 9-GUIDELINE DOE(TANCO ET AL., 2007)	48
FIGURA 10-DIVISÃO E SUBDIVISÃO DA UNIDADE INDUSTRIAL	52
FIGURA 11- AMOSTRAS DE MATÉRIA-PRIMA CORTIÇA	52
FIGURA 12-MATÉRIA PRIMA E O SEU TRANSPORTE	53
FIGURA 13- MOINHO DESTROÇADOR	53
FIGURA 14- PENEIRO INDUSTRIAL	54
FIGURA 15- PROCESSO POPCORK	55
FIGURA 16- SECADOR HORIZONTAL	55
FIGURA 17- MOINHO DE FACAS	56
FIGURA 18- MESA DENSIMÉTRICA	57
FIGURA 19- ROTEX	57
FIGURA 20-PROCESSO DE TRITURAÇÃO SIMPLIFICADO	57
FIGURA 21- MOINHO DE IMPACTO	58
FIGURA 22- PROCESSO DE TRITURAÇÃO SIMPLIFICADO	58
FIGURA 23- SECADOR VERTICAL	59
FIGURA 24- ARMAZENAMENTO SOB FORMA DE FARDOS E SACOS	59
FIGURA 25-INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO DE HUMIDADE	60
FIGURA 26- AGITADOR GRANULOMÉTRICO	60
FIGURA 27- CÉLULA DE CARGA	61
FIGURA 28- SINÓTICO POPCORK (1ªTRITURAÇÃO)	62
FIGURA 29- REDES DE EXTRAÇÃO COLMATADAS	63
FIGURA 30- REDES DE EXAUSTÃO COLMATADAS	63
FIGURA 31- DESGASTE DE COMPONENTES NO POPCORK	64
FIGURA 32-IMAGEM MODELO DO PALLMAN PPS	65
FIGURA 33- ALTERAÇÃO DE PROCESSO AO REPROCESSAMENTO	66
FIGURA 34- AGLOMERADO NEGRO	67
FIGURA 35- REPRESENTAÇÃO MACROSCÓPICA DA CÉLULA DA CORTIÇA ANTES E APÓS EXPANSÃO	68
FIGURA 36- ESQUEMA REPRESENTATIVO DO PROCESSO POPCORK	69
FIGURA 37- REDES SUPERIORES DO POPCORK APÓS LIMPEZA	70
FIGURA 38- SUBSTITUIÇÃO DA ECLUSA DO TOPO	71
FIGURA 39- TOLVA DE ALIMETAÇÃO DO POPCORK	72
FIGURA 40- VARIADOR DE FREQUÊNCIA PARA A TOLVA DE ALIMENTAÇÃO	72
FIGURA 41- CÂMARA DE EXPANSÃO DO POPCORK EM POSIÇÃO ABERTA	73

FIGURA 42-EVOLUÇÃO DA EXPANSÃO NO POPCORK NA 1ªTRITURAÇÃO	77
FIGURA 43-RELAÇÃO ENTRE EXPANSÃO E HUMIDADE INICIAL REALIZADOS NO POPCORK	78
FIGURA 44-EVOLUÇÃO DA EXPANSÃO NO POPCORK NA 3ªTRITURAÇÃO	79
FIGURA 45-CORRELAÇÕES ENTRE INPUT E OUTPUT EM CONDIÇÕES DE PARÂMETROS DE PATENTE	81
FIGURA 46-ITERAÇÃO ENTRE CORTIÇA E O VAPOR SOBREAQUECIDO	83
FIGURA 47-EFEITO DA SOBRETENPERATURA NO PROCESSO POPCORK	86
FIGURA 48- SEQUÊNCIA DE AÇÕES PARA A CRIAÇÃO DE METODOLOGIAS	87
FIGURA 49- REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS MOINHOS MFA E PPS, RESPETIVAMENTE	89
FIGURA 50- PARETO DE EFEITOS PADRONIZADOS (1ªTESTE)	92
FIGURA 51- GRÁFICO DE EFEITOS PRINCIPAIS (1ºTESTE)	93
FIGURA 52- GRÁFICO DE CUBO (1ºTESTE)	93
FIGURA 53- FERRAMENTA DE OTIMIZAÇÃO DE <i>OUTPUT</i>	94
FIGURA 54- PARETO DE EFEITOS PADRONIZADOS (2ºTESTE)	96
FIGURA 55- GRÁFICO DE EFEITOS PRINCIPAIS (2º TESTE)	96
FIGURA 56- EXEMPLOS DE OPL REALIZADAS	97
FIGURA 57- CONSUMO ENERGÉTICO DO TRANSPORTE DE PÓ NA 3ª TRITURAÇÃO PARA A CALDEIRA	98
FIGURA 58-EQUIPAMENTOS NECESSÁRIOS À MEDIÇÃO EM CONTÍNUO DE EXPANSÃO	106
FIGURA 59-CORRELAÇÃO ENTRE HUMIDADE INICIAL E EXPANSÃO	107
FIGURA 60-SUGESTÃO DE ALTERAÇÃO PROCESSUAL	107

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1-COMPILAÇÃO DE TRABALHOS NAS ÁREAS E RESPECTIVA AUTORIA	33
TABELA 2-CONTRIBUIÇÃO DE <i>STANDARDS</i> EM ECONOMIAS MUNDIAIS(BLIND, 2013)	38
TABELA 3- COMPARAÇÃO ENTRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO(MELTON, 2005)	39
TABELA 4- GUIDELINE DE IMPLEMENTAÇÃO DE <i>STANDARD WORK</i> (ADAPTADO DE GAO & LOW, 2014)	41
TABELA 5- ÍNDICES DE CAPACIDADE (ASSARZADEH & GHOREISHI, 2013)	43
TABELA 6- EXEMPLO DE PRODUTOS FINAIS DA UNIDADE INDUSTRIAL	51
TABELA 7-PROBLEMAS IDENTIFICADOS NOS PROCESSOS DESCRITOS.	62
TABELA 8- DISTANCIAMENTO ENTRE VALORES DE PATENTE E REIAIS	63
TABELA 9- IDENTIFICAÇÃO DE SOLUÇÕES PROPOSTAS AOS PROBLEMAS	67
TABELA 10- RESUMO DE MÉTODOS DE EXPANSÃO DE CORTIÇA	69
TABELA 11- PARÂMETROS POPCORK	74
TABELA 12-PARAMETROS PRINCIPAIS AO PROCESSO POPCORK	74
TABELA 13- PARÂMETROS COMPLEMENTARES AO PROCESSO POPCORK	75
TABELA 14- RESUMO DE TESTES POPCORK NA 1ªTRITURAÇÃO	76
TABELA 15- CORRELAÇÕES ENTRE <i>INPUT</i> E <i>OUTPUT</i> NO POPCORK (1ªFASE)	77
TABELA 16-RESUMO DE TESTES POPCORK NA 3ªTRITURAÇÃO	78
TABELA 17- EXEMPLO DE ANÁLISE À MP COSTA	80
TABELA 18- COMPARAÇÃO DE EXPANSÃO APARENTE E REAL COM MP SENDO APARA DE COSTA	80
TABELA 19- CORRELAÇÕES ENTRE <i>INPUT</i> E <i>OUTPUT</i> EM CONDIÇÕES DE PARÂMETROS DE PATENTE (2ªFASE)	80
TABELA 20- TESTE DE TEMPERATURA DE VAPOR DA 2ª FASE DE TESTES	82
TABELA 21-CONTINUAÇÃO DOS RESULTADOS DE 2ª FASE DE TESTES	82
TABELA 22- ENSAIOS COM PARÂMETROS AJUSTADOS NO POPCORK DA 1ªTRITURAÇÃO	83
TABELA 23- TESTES DE VELOCIDADE	84
TABELA 24- APRESENTAÇÃO TESTE DE ECONOMIA	85
TABELA 25- RESULTADOS DE TESTE DE ECONOMIA	85
TABELA 26- APRESENTAÇÃO DE TESTES A MAIOR TEMPERATURA	85
TABELA 27 - TESTE MESMA MP EM 3 ESTADOS	86
TABELA 28 RESUMO DE PARAMETROS POPCORK	87
TABELA 29- DEFINIÇÃO DE METODOLOGIAS EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO (PARTE I)	88
TABELA 30- DEFINIÇÃO DE METODOLOGIAS EM FUNÇÃO DO EQUIPAMENTO (PARTE II)	88
TABELA 31- PARÂMETROS PROCESSO PPS	89
TABELA 32- PARAMETRIZAÇÃO CONTROLÁVEL PPS	90
TABELA 33- 1º EXPERIMENTO PPS	90
TABELA 34- UTILIZAÇÃO DE CRIVOS EM ENSAIOS PPS	91
TABELA 35- RESULTADOS DO 1º EXPERIMENTO PPS	91
TABELA 36- PARÂMETROS DE MODELO DOE	92
TABELA 37- RESULTADOS 2º EXPERIMENTO PPS	95
TABELA 38 – RESUMO DE NÚMERO DE INSTRUÇÕES DE TRABALHO POR MÁQUINA/PROCESSO	97
TABELA 39- COMPARAÇÃO DE CUSTOS ANTES E DEPOIS DA INSTAURAÇÃO DE OPL	98
TABELA 40- TESTE PRODUTIVO AO POPCORK, QUANTO À QUANTIDADE DE MATERIAL	99

TABELA 41- TESTE PRODUTIVO AO POPCORK, QUANTO À QUALIDADE DE MATERIAL	99
TABELA 42- GANHOS OBTIDOS PELAS PROPOSTAS DE MELHORIA NO ESTUDO DE STANDARDIZAÇÃO E OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS	100
TABELA 43- ESTADO DE IMPLEMENTAÇÃO DE CONTRIBUTOS E PROPOSTAS DE MELHORIA	103

# ÍNDICE

AGRADECIMENTOS.....	VII
RESUMO .....	IX
ABSTRACT .....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XVII
ÍNDICE DE TABELAS .....	XIX
ÍNDICE.....	XXI
1. INTRODUÇÃO .....	27
1.1 Enquadramento do trabalho .....	27
1.2 Objetivos.....	28
1.3 Metodologia de investigação.....	28
1.4 Conteúdo e organização da dissertação.....	29
2. REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	33
2.1 Introdução.....	33
2.2 Standard Work .....	37
2.2.1 Standard .....	37
2.2.2 Ferramentas lean .....	38
2.2.3 Standard Work como ferramenta lean.....	40
2.3 Melhoria de processo .....	42
2.3.1 Índices de capacidade do processo .....	42
2.3.2 Conceito Design experimental .....	44
2.3.3 Guideline do design experimental .....	47
3. MELHORIA E STANDARDIZAÇÃO DE PROCESSOS .....	51
3.1 Análise e mapeamento dos processos em estudo.....	51
3.1.1 Trituração .....	52

3.1.2	Reprocessamento.....	58
3.1.3	Secadores .....	59
3.1.4	Enfardamento .....	59
<b>3.2</b>	<b>Controlo de processo .....</b>	<b>60</b>
3.2.1	Controlo de humidade.....	60
3.2.2	Controlo de distribuição granulométrica.....	60
3.2.3	Controlo de massa ao longo do processo .....	61
3.2.4	Eficácia do processo .....	61
<b>3.3</b>	<b>Identificação dos problemas.....</b>	<b>61</b>
3.3.1	Falta de conhecimento científico do processo.....	62
3.3.2	Distância de parâmetros da máquina industrial face à patente .....	62
3.3.3	Dificuldades na parametrização e funcionamento adequado .....	64
3.3.4	Baixa definição de metodologias de funcionamento .....	65
3.3.5	Ramp-up de equipamento novo .....	65
3.3.6	Falta de normalização em tarefas e condutas consideradas chave .....	66
<b>3.4</b>	<b>Propostas de melhoria.....</b>	<b>66</b>
3.4.1	Investigação e desenvolvimento do processo .....	67
3.4.2	Readaptação do processo.....	69
3.4.3	Desenvolvimento de testes de expansão .....	73
3.4.4	Criação de Metodologias de funcionamento.....	87
3.4.5	Ramp-up de equipamento novo .....	88
3.4.6	Criação de instruções de trabalho (OPL) .....	97
<b>3.5</b>	<b>Análise de resultados obtidos.....</b>	<b>98</b>
<b>4.</b>	<b>CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>103</b>
4.1	Principais contributos do trabalho .....	103
4.2	Balanço final.....	105
4.3	Dificuldades encontradas .....	105
4.4	Trabalhos futuros .....	105
4.4.1	Medidor de expansão contínuo através de balanças volumétricas .....	106
4.4.2	Troca processual (Secador Horizontal - Popcorn).....	107
4.4.3	Melhoria de sistema através de alteração de equipamentos.....	108
4.4.4	Melhoria do Transporte sem-fim intra-câmara.....	108
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>111</b>
	<b>APÊNDICE I -TESTE DE TEMPO .....</b>	<b>118</b>

APÊNDICE II -TESTE DE DESVIO DE MEDIÇÕES COM RECIPIENTE DE 20 LITROS.....	120
APÊNDICE III –CORRELAÇÕES 1ª FASE DE TESTES .....	122
APÊNDICE IV –TESTES REALIZADOS AO POPCORK .....	124
APÊNDICE V –CRIAÇÃO DE INSTRUÇÕES DE TRABALHO (OPL) .....	126



# 1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento do trabalho

1.2 Objetivos

1.3 Metodologia de investigação

1.4 Conteúdo e organização da dissertação



## 1. INTRODUÇÃO

No que é o âmbito da Unidade Curricular Dissertação/ Estágio / Projeto, do Mestrado em Engenharia Mecânica, no ramo Gestão Industrial pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP), surge a seguinte dissertação de mestrado. Este trabalho foi realizado de 15 de setembro de 2019 a 30 de julho de 2020 com o tema “Melhoria e Standardização de processos numa empresa industrial”, insere-se na indústria corticeira, mais propriamente, na área de granulados e compósitos.

No desenrolar do estágio, é realizada uma análise ao processo, de forma a selecionar processos considerados críticos e numa fase posterior, proceder à sua otimização. No capítulo inserido, é retratado desde o enquadramento do trabalho aos seus objetivos enquanto projeto, não descurando a importante base de metodologia de investigação e a apresentação do que é a empresa acolhedora.

### 1.1 Enquadramento do trabalho

Com o crescente aumento no que é uma preocupação global pela evolução ambiental e a boa conservação dos tempos futuros, existe uma valorização reforçada no que são materiais e matérias-primas que possuam um impacto positivo. Em continuidade, o facto de se tratar de uma matéria-prima natural, associado a outras complicações, finita a capacidade de produção de cortiça. O mundo de produção da cortiça é limitado pela extensão de sobreiros e o intervalo de tempo necessário para que após a tiradia, se reponham (Parsons, 1962). Posto isto, torna-se então crucial, possuir a capacidade de obter um aproveitamento otimizado. Em paralelo, o constante desenvolvimento de produto, descoberta de novas aplicabilidades, e inovação sobre a matéria-prima, faz com que, desde o momento de entrada da cortiça, tenha de existir um processo com uma capacidade de controlo e adaptação que não seria tão necessário em tempos passados. Com as crescentes necessidades de qualidade da produção, desempenho do sistema e requisitos económicos, os processos industriais são mais complexos, quer em estrutura, quer em graus de automação (Yin, Ding, Xie, & Luo, 2014).

Existe ainda a temática de que a maioria dos equipamentos industriais utilizados na indústria da cortiça não são de raiz adaptados a esta indústria. Portugal detém cerca de 60% do total de área de sobreiro e providencia cerca de 80% da cortiça produzida mundialmente (Gil, 2009). Esta adaptação tem de ser feita pela própria dentro de

portas, em conjugação com a diversidade de possibilidade de matérias-primas requer uma complexidade de análise e parametrização ainda maiores. É então neste panorama contextual que se insere a oportunidade de estágio, com a necessidade crescente de aprofundar o estudo do processo. Torna-se crucial analisar, otimizar e standardizar pontos críticos do processo. Desta forma, é possível uma rápida adaptação ao desenvolvimento e à flutuação de tipologia de matéria-prima e de produto final. É neste estudo que se focará a seguinte dissertação.

## 1.2 Objetivos

O presente trabalho tem como objetivos o estudo dos processos numa unidade industrial. Surge pela necessidade de existir uma parametrização mais rigorosa, através do estudo de processos considerados críticos. Dada a pouca ou nenhuma globalização da indústria corticeira, existe pouca base quer de equipamentos especializados, quer de estudo de processo.

Os objetivos podem ser definidos pelos seguintes pontos:

- Levantamento e análise de dados acerca dos processos e equipamentos mais relevantes;
- Definir processos críticos selecionados quanto a variáveis de processo e a variáveis de controlo;
- Estudo dos processos críticos selecionados com levantamentos de dados de variáveis de processo, output (económico);
- Estudar correlações fortes entre *input* e *output* dos processos em estudo;
- Criar normas (visuais, OPL, etc.) de forma a descrever como executar os processos críticos;
- Criar um documento de suporte à decisão dando o valor das variáveis em função do output pretendido.

## 1.3 Metodologia de investigação

No decorrer deste trabalho de investigação, foi necessário criar uma metodologia de investigação, de forma a servir de referência ao longo do trabalho. A metodologia escolhida foi a de *Action Research*. Como o nome sugere, a metodologia assume dois focos: ação e pesquisa. A ação refere-se a trazer alguma mudança à comunidade, organização ou programa inserido, ao passo que a pesquisa tem como foco aumentar o entendimento da parte do pesquisador, cliente ou ambos (ou uma comunidade mais alargada) (Dick, 2005). O objetivo máximo de todas as investigações, incluindo a *action research*, é criar algo novo, conhecimento original (Mcniff & Whitehead, 2010). É então, crucial explorar novos conceitos, cruzar informações e intersetar possíveis correlações. Pesquisadores de ação têm como objetivo melhorar o que está acontecer no local de trabalho que estão envolvidas, com metodologias investigacionais como *Action*

*Research*, que essencialmente representa “pesquisa que afeta a ação” (Moghaddam, 2007). Na Figura 1, é apresentada uma metodologia *Action Research* em espiral, que se inicia com o planeamento da tese e termina com sugestões pesquisa futura, com base no previamente feito.

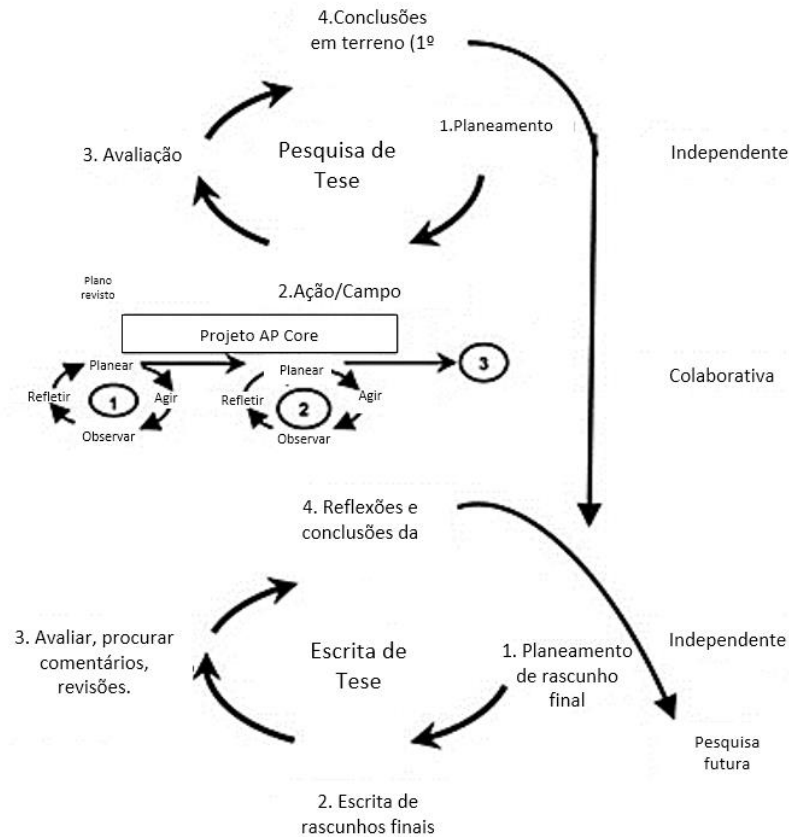


Figura 1-Metodologia Action Research. Adaptada de(Zuber-Skerrit & Fletcher, 2007)

O papel do pesquisador na sua tese de pesquisa independente envolve, pelo menos, quatro seguintes fases (Zuber-Skerrit & Fletcher, 2007):

- Planeamento da tese (pesquisa e escrita);
- Ação em campo;
- Observação e avaliação do campo de pesquisa;
- Reflexão nos resultados no campo de pesquisa, em detrimento da literatura e da sua estrutura teórica, levando a uma argumentação de tese e contribuição direta em campo.

#### 1.4 Conteúdo e organização da dissertação

O presente relatório encontra-se dividido em 4 capítulos. O presente e primeiro capítulo “*Introdução*” realiza uma breve apresentação da temática, assim como os objetivos da dissertação e a metodologia de investigação utilizada ao longo do percurso.

O segundo capítulo, denominado REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA tem como objetivo a abordagem dos conceitos, teorias, metodologias e

ferramentas consideradas relevantes no decorrer, como forma de facilitação e clarificação.

O capítulo número três designado MELHORIA E STANDARDIZAÇÃO DE PROCESSOS, refere-se ao desenvolvimento do projeto. Será analisada a situação inicial, estudadas as possíveis medidas e examinados os resultados das medidas tomadas. Posto isto, age-se em função dos resultados, de forma a estabelecer o que surtiu resultados e a melhorar o menos eficaz.

No quarto capítulo, intitulado CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS serão relatadas as principais considerações do autor, analisado o cumprimento dos pressupostos e realizando o ponto de situação de forma a continuar o trabalho até então desenvolvido.

Por fim são apresentadas as REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS, e são ainda apresentados os APÊNDICES da dissertação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Introdução

2.2 *Standard Work*

2.3 Melhoria de processo



## 2. REVISÃO DE LITERATURA E FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Introdução

Na literatura da especialidade, é possível encontrar diversos trabalhos tanto na área do *Standard Work* como na de otimização de processo através de *design* experimental, abarcando as suas diversas vertentes de trabalho, como se observa na Tabela 1. Esta tem como objetivo realizar um enquadramento com projetos realizados nas áreas de estudo abordadas no presente relatório, dando então a conhecer os *outputs* já conhecidos nas temáticas abordadas, servindo então de base para o que poderá ser um guia para os resultados a obter, e a forma de os obter.

Tabela 1-Compilação de trabalhos nas áreas e respetiva autoria

Referências. Bibliográficas	Descrição de trabalho
(Lu & Yang, 2015a)	Neste estudo realizado numa linha de produção de <i>pacemakers</i> sobre implementação de <i>Standard Work</i> , foi realizada uma análise ao sistema produtivo, de forma a melhorar o <i>bottleneck</i> . Os resultados indicam 37,5% de redução laboral e ainda 305% de aumento diário de <i>output</i> no posto de trabalho considerado, até então, <i>bottleneck</i> .
(Antoniolli, Guariente, Pereira, Ferreira, & Silva, 2017)	O estudo aborda a análise e otimização do processo de uma linha de produção que fabrica componentes para os sistemas de ar condicionado. Após melhorias no <i>Standard Work</i> para padronização das operações e o <i>Kaizen na</i> melhoria contínua dos processos, tais como redução de tempos de ciclo, deslocamento excessivo, não conformidades no centro de custo e aceleração do processo, foi possível aumentar em 10% a OEE, proporcionando ajustes no objetivo de produção.
(Fin, Vidor, Ceconello, & Machado, 2017)	Este projeto foi desenvolvido no sul do Brasil, numa linha de montagem média de chassis. Implementações como criação de operações <i>standard</i> , treino e implementação de trabalhos e verificação de resultados, permitiram uma redução de 36min (9.6% do total) no tempo de montagem, redução de 200metros, em média, na distância percorrida pelo operador.
(Hintzen, Knoer, Van Dyke, & Milavitz, 2009)	Neste projeto o objetivo principal foi a melhoria organizacional, técnica e de procedimentos de execução de trabalho, assim como a redução de desperdícios na farmácia do Centro Médico da Universidade de Minnesota (UMMC). Estes objetivos foram conseguidos com a utilização de técnicas como o <i>Standard Work</i> , foi conseguida uma redução anual de 275.000\$, assim como o <i>stock</i> farmacêutico foi reduzido em 50.000\$.

(Rosa, Silva, Ferreira, Pereira, & Gouveia, 2018)	O presente trabalho tem como temática o estabelecimento de novas metodologias <i>standard</i> de forma a melhorar a velocidade produtiva na indústria do setor automóvel. Após analisados os tempos e métodos, foi possível identificar os maiores problemas e desperdícios desta linha. Desta feita, foram ainda comparados os resultados com e sem as alterações. Este projeto permitiu um aumento de <i>output</i> de 43% (229 para 327 peças/hora). A taxa de ocupação também desceu em 30 pontos percentuais. Estas melhorias tiveram como pressuposto uma aplicabilidade de solução de baixo custo. Dado o sucesso do estabelecimento destas metodologias, estas foram standardizadas, de forma a ser mais facilmente replicável.
(Míkva, Prajová, Yakimovich, Korshunov, & Tyurin, 2016)	O presente estudo tem como objetivo analisar a ferramenta de <i>Standardização</i> no processo de melhoria contínua. Refere a importância da definição de <i>standards</i> operacionais apoiado em ferramentas como 5s e ciclo PDCA. Reforça o ciclo sem fim entre uma operação standardizada e a melhoria dessa mesma operação. Como benefício do que é <i>o standard work</i> , inclui-se a facilidade na gestão do conhecimento, redução de acidentes, redução na variabilidade e uma base de melhoria.
(Rajasimman, Sangeetha, & Karthik, 2009)	Este estudo utilizou o <i>Response Surface Methodology</i> (RSM) de forma a otimizar os parâmetros do processo de extração de crómio da solução aquosa provinda dos desperdícios da indústria farmacêutica. Os parâmetros do processo como a concentração, Ph, concentração de reagentes foram otimizados através da utilização da ferramenta estatística <i>Box-Behnken Design</i> . As condições ótimas de extração de chromium (VI) foram encontradas para os níveis de concentração, pH e concentração de reagentes. A condição que permitiu maiores ganhos permitiu uma otimização de 97,57%.
(Sun & Hao, 2012)	Segundo os autores deste estudo, os parâmetros associados ao revestimento por laser têm uma grande importância na eficácia do processo. Tendo isto em conta, a presente investigação foca-se no estudo da potência, velocidade de varredura, taxa de alimentação. No que toca ao <i>output</i> , produzido em relação à largura, altura e profundidade da camada. As técnicas realizadas neste projeto experimental foi a de <i>Central Composite Design</i> (CCD) e <i>Response Surface Methodology</i> (RSM). Com base nos resultados, é observável que um nível baixo de potência e uma alta velocidade do laser possuem capacidade de forma a produzir revestimentos com boa qualidade, desde que o pó esteja conforme.
(Mohan, Viruthagiri, & Arunkumar, 2014)	A produção de <i>tanase</i> através de <i>Aspergillus flavus</i> (MTCC 3783), utilizando sementes de tamarindo em granulometria de pó foi estudado sob forma de fermentação submersa. Este projeto Plackett–Burman foi triado a 12 nutrientes médios. A partir desses resultados, os nutrientes significativos foram identificados (como ácido tânico, sulfato de magnésio, sulfato ferroso e sulfato de amoníaco). O processo foi otimizado a nível de parâmetros e foi realizada usando a RSM. O RSM foi aplicado para projetar e avaliar os efeitos interativos através de um planeamento fatorial completo. As condições

---

ótimas, segundo o *RSM* concentração de ácido tânico, 3,22%; período de fermentação, 96 h; temperatura de 35,1 °C; e pH 5,4. Um valor mais alto do coeficiente de regressão ( $R^2 = 0,9638$ ) indica excelente avaliação dos dados experimentais pelo modelo de regressão polinomial de segunda ordem. O *RSM* revelou que uma produção máxima de *tanase* de 139,3 U / ml foi obtida nas condições ideais.

---

(Assarzadeh &  
Ghoreishi, 2013)

Neste artigo, foram realizados testes e tentativas no sentido de otimizar os parâmetros processuais de uma máquina de descarga elétrica (EDM) de um compósito carboneto de tungstênio-cobalto através de técnicas estatísticas. Desta forma, foram analisados parâmetros tais como: Corrente de descarga, tempo de pulsação, tempo de ciclo, e intervalo de voltagem. A metodologia da superfície de resposta (*RSM*) foi usada como forma de analisar as experiências realizadas em torno do tema. Para cada um dos processos, foi obtida uma equação de segundo grau com um intervalo de confiança de 90%. Este resultado obtido foi replicado experimentalmente e os erros computorizados, com resultados satisfatórios, sendo estes menores que 10% do esperado. O resultado da presente pesquisa prova a aplicabilidade e multi-criteriosidade.

---

(Jafarzadeh,  
Sharifnia, Hosseini,  
& Rahimpour, 2011)

Este estudo tem como ambiente de trabalho a indústria química, mais propriamente a Degussa Company. Com recurso à metodologia de reposta de superfície, utilizando a ferramenta D-optimal foi estudada a otimização da degradação fotovoltaica de fenol através de um novo não-catalisador composto (TiO<sub>2</sub> / Perlita). Os efeitos de sete fatores tais como o pH inicial, inicial concentração de fenol e temperatura da reação na eficiência de conversão de fenol foram estudados e otimizados usando o software estatístico *MODDE* 8.02. Foi analisada ainda a variância (por via da ANOVA), de forma a aferir os parâmetros de *input* de maior importância. Desta forma, foi encontrada a solução ótima, de forma a maximizar a degradação de fenol. Com um alto coeficiente de correlação (91,8 %), esta abordagem de análise mostrou-se bastante útil ao processo.

---

(Ragit, Mohapatra,  
Kundu, & Gill,  
2011)

O presente trabalho tem como foca a Standardização do processo de Transesterificação para a produção de éster metílico de óleo na indústria de produtos aditivos de motor. Foram analisados parâmetros como o rácio molar, temperatura de pré-aquecimento, concentração do catalisador e tempo de reação. O objetivo era obter um produto com alta taxa de recuperação e baixa viscosidade. Os resultados foram analisados individualmente por parâmetro e destacaram a importância de certos parâmetros face a outros.

---

(Overmeyer, Tanner,  
Martin, &  
Commo, 2015)

O artigo analisa a utilização de DOE em túneis de vento para helicópteros. Este estudo realizou-se no centro de pesquisa da NASA, na Virgínia. Através do método de resposta de superfície, foi possível identificar os fatores de maior impacto, de forma a ser possível comparar os valores reais com as previsões do método. O erro máximo foi de 4.1%, o que indica uma grande capacidade de previsão.

---

(Feyter, 2006)	Este estudo surge de um problema que residia no facto de que o nível de carros defeituosos devido a problemas de soldadura era de 3%. A utilização de Design Experimental teria como finalidade obter um melhor conhecimento dos fatores causais do problema. Dentro das atividades do projeto (identificar e classificar fatores, validar sistema de medição, escolher intervalos de valores, etc.) foram utilizadas ferramentas como <i>Brainstorming</i> , diagrama causa-efeito e FMEA. Através da utilização de métodos estatísticos, foi possível reduzir os defeitos de soldadura em 50%, o que gerou um retorno de 20 000€/ano.
(Baesler, Araya, Ramis, & Sepúlveda, 2004)	O seguinte estudo, desenrolado no Chile, como forma de análise ao bottleneck do processo de transformação de madeira. Para tal, o sistema é descrito e analisado passo a passo. Os resultados surgem da utilização de Design Experimental, através de fatorial total, escolhendo a combinação de fatores mais relevantes no processo produtivo. A análise demonstra que, através de pequenas alterações, é possível aumentar a produtividade do sistema produtivo em cerca de 25%. O artigo deixa ainda como sugestão que o próximo passo seria uma análise ainda mais detalhada, através de testes como RSM, de forma a realizar a otimização do processo.

Muitos foram os autores que analisaram processos e que os otimizaram. É claro pela Tabela 1, que a utilização de *standard work* tem diversas vantagens no que toca à regulação do processo, à correta aplicação de técnicas, decréscimo de tempo não produtivos e fundamentalmente uma base para a melhoria. No que toca à otimização DOE, a sua aplicação tem proveitos na área de rendimentos económicos, apoia à tomada de decisão da equipa de produção, assim como assegura uma produção mais previsível, com mais qualidade e apoia à resolução de problemas, assim como a capacidade de otimização.

Dentro do que é conjunto de ferramentas mais amplamente utilizadas, o *Standard Work*, pode trazer inúmeras vantagens tais como (Rosli et al.,2015):

- O estabelecimento de pontos de referência, a partir dos quais seja possível melhorar de forma contínua;
- O controlo de processo;
- A redução da variabilidade;
- A melhoria da qualidade e flexibilidade;
- A previsibilidade de anomalias.

Outra ferramenta importante é o design experimental de produto, que tem como benefícios (Marit Risberg Ellekjær, 2013):

- Otimização simultânea de vários fatores;
- Efeito simultâneo de redução de custo e melhoria de qualidade;
- O produto pode ser tornado mais robusto à variação de variáveis incontroláveis (*noise factors*);
- Providenciar uma abordagem sistemática para solucionamento de problemas durante o desenvolvimento do processo;

- Existência de uma diferente panóplia de *softwares* desenvolvidos com o intuito de planejar e analisar técnicas de design experimental, tais como Guideline®+ and Unscrambler® ([www.camo.no](http://www.camo.no)), Minitab® ([www.mintab.com](http://www.mintab.com)), Design- expert® ([www.statease.com](http://www.statease.com)) e JMP ([www.JMPdiscovery.com](http://www.JMPdiscovery.com)).

## 2.2 Standard Work

Previamente à abordagem do que é o *Standard Work* como ferramenta, é dada relevância a entender o que é um *standard*, de onde este surgiu e de que forma ele tem a capacidade de ajudar, quer a nível negocial, laboral, económico e social.

### 2.2.1 Standard

A existência do que pode ser considerado *standard* encontra-se presente na sociedade desde sempre, sendo que os primeiros foram surgindo de forma a possibilitar transações comerciais, seguindo-se de *standards* de medição e de segurança (Bøgh, 2015). A principal função dos *standards* é servir de facilitador e integrador entre o fluxo de produtos e os seus vários pontos de transição (Wood, 2013).

Como exemplo, as moedas foram introduzidas como tentativa de haver uma maior standardização dos métodos de pagamento, de forma a evitar manipulações nas negociações (Bøgh, 2015). Outro exemplo, ainda do mesmo autor, relata o desenvolvimento da chave de estrela. Até ao século XIX, os parafusos eram feitos à medida para cada máquina. Em 1841, Joseph Whitworth fez uma recolha de parafusos em torno da Grã-Bretanha e reportou as suas descobertas ao Instituto de Engenharia Civil. A sua ideia era standardizar as dimensões do parafuso através da média do que eram os fusos até à data. O resultado foi um fuso com corte angular de 55º, que se tornou *Standard* durante 20 anos. Contudo, devido a dificuldades produtivas, foi adotado o ângulo de 60º graus, que se tem mantido como *Standard* desde então (Bøgh, 2015).

Muitos bens são “compatíveis” ou “standardizados”, no sentido que as diferentes indústrias providenciam mais intermutabilidade do que é logicamente necessária. Exemplificando, as operadoras de comunicação permitem que os subscritores de diferentes redes comuniquem, assim como os programas de computadores são desenvolvidos a pensar em mais do que uma plataforma de acolhimento, e o de que existem menos modelos de velas de ignição do que modelos de carro (Farrel, 1984).

A Tabela 2 tem como objetivo entender a contribuição de *Standards* no que é o crescimento do Produto Interno Bruto (PIB). Constate-se que que contribuição é alta, chegando a valores a rondar o 1% de aumento de PIB.

Tabela 2-Contribuição de *Standards* em economias mundiais(Blind, 2013)

País	Publicador	Espaço temporal	Taxa de crescimento de PIB	Contribuição de <i>standards</i>
Alemanha	DIN (2000)	1960-1990	3.3%	0,90%
Alemanha	DIN (2011)	1992-2006	1.1%	0,80%
França	AFNOR (2009)	1950-2007	3.4%	0,80%
Reino Unido	DTI (2005)	1948-2002	2.5%	0,30%
Canadá	Consulado de <i>standards</i> do Canadá (2007)	1981-2004	2.7%	0,20%
Austrália	Austrália <i>Standards</i>	1962-2003	3.6%	0,20%

### 2.2.2 Ferramentas *lean*

O nascimento de várias ferramentas importantes no âmbito de melhoria de processos nasceu de uma revolução *lean*. Ainda como ponto antecipado e de entrada à temática de *Standard Work*, tendo em conta que esta é uma ferramenta *lean*, é relevante entender o conceito *lean*. *Lean* é a revolução- não se trata apenas de usar ferramentas, ou mudar alguns passos no processo produtivo- é sobre a muito completa mudança de negócio (Melton, 2005). A filosofia *lean* é uma abordagem multidimensional que abrange uma ampla variedade de práticas de gestão, incluindo *just-in-time*, sistemas de qualidade, equipas de trabalho, gestão de fornecedores, entre outros, como parte de um sistema integrado.

O ponto principal da produção *lean* é que essas práticas podem funcionar em sinergia para criar um sistema simplificado e de alta qualidade que gera produtos acabados no ritmo definido pelos clientes, com pouco ou nenhum desperdício. (Shah & Ward, 2003). Com o desenrolar do tempo e da evolução industrial, expandiu-se o pensamento *lean*, que foi aplicado a todos os aspetos da cadeia de fornecimento. Existem bastantes exemplos bem documentados da aplicação do "pensamento *lean*" aos processos de negócios, tais como construção, gestão de projetos, *design*, etc. (Melton, 2005). Ainda referenciando Melton (2005), é possível diferenciar, na Tabela 3, o que foram dois modos de produção na indústria Automóvel, sendo este a produção em massa, utilizada pela Ford e a produção *lean*, utilizada pela Toyota.

Tabela 3- Comparação entre sistemas de produção(Melton, 2005)

Base	Henry Ford	Toyota
Pessoas- design	Profissionais com capacidades e conhecimentos focados	Equipas de trabalho com trabalhadores multi-capacitados a todos os níveis da organização
Pessoas- produção	Sem capacidades ou semi-capazes	
Equipamento	Dispendioso, máquinas com um único propósito	Manuais e sistemas automatizados capazes de produzir grandes volumes com uma grande variedade
Método produtivo	Fazer grandes volumes de produtos standardizados	Produzir o que o cliente encomenda
Filosofia organizacional	Hierárquica, a gerência assume responsabilidade	Fluxos de valor usando níveis apropriados consoante a responsabilidade do cargo - atribuindo responsabilidade ao nível interno da organização
Filosofia	Apontar para o “bom o suficiente”	Ambição pelo atingimento da perfeição

O foco de vários conceitos produtivos, tal como o *just-in-time*(JIT), produção *lean* e a melhoria contínua, levou a um conjunto de variedade de práticas produtivas com ênfase no controlo de processo e na standardização dos processos de trabalho (Molleman, 2013). Esta necessidade é apoiada e reforçada pelo Centro de Pesquisa Lean Enterprise Research Centre da Cardiff Business School, que sublinhou que para a maioria das operações de produtos:

- 5% são em atividades de valor acrescentado;
- 35% são atividades necessárias de valor não acrescentado;
- 60% não adicionam valor algum

Com estes dados, torna-se então crucial a tentativa de inversão destes tempos. A redução das atividades não essenciais e a maximização do que é rentável para a organização é o foco do pensamento. A Figura 2 apresenta o processo típico de implementação *lean*, onde o *Standard Work* se apresenta na parte que se entende como a fase de melhorias de processos internos, em conjunto com a ferramenta SMED (*Single Minute Exchange of Die*) e a *Jidoka*.

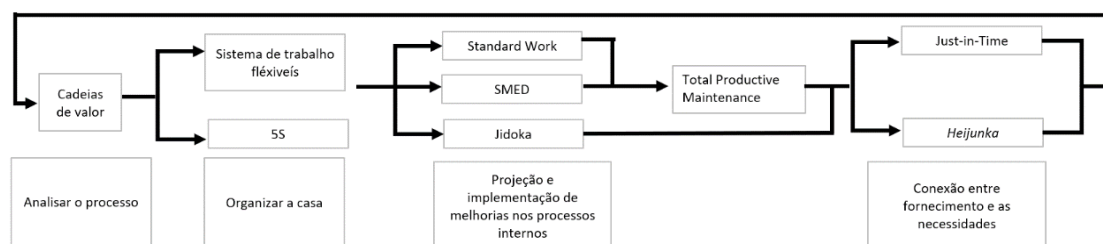


Figura 2-Processo típico de implementação lean(Rivera & Frank Chen, 2007)

### 2.2.3 Standard Work como ferramenta lean

Onde não há Standard, não pode haver melhoria (Rosli et al., 2015). Esta premissa instaura o ponto crucial do *Standard Work* (SW) como ferramenta *lean*. Por outras palavras, uma melhoria, de qualquer natureza, requer como ponto inicial uma base. No caso específico do processo produtivo, as suas operações/processos só permitem melhoria se previamente existir um procedimento definido, a partir do qual surgem as implementações.

O SW é uma ferramenta de produção *lean*, desenvolvida em 1950 por Taiichi Ohno (Miltenburg, 2007). SW é a documentação e standardização de qualquer operação no processo produtivo inteiro. Esta tem como objetivo a maximização da *performance* e a minimização de desperdício em cada fase do processo (Marksberry, Vu, & Hordusky, 2011). O essencial do conceito SW é a precisão, clareza e objetividade das informações que são apresentadas. Os procedimentos de SW devem ser evidentes para qualquer iniciante em qualquer ambiente da organização (Hsiung & Hsieh, 2003). O Figura 3 apresenta o que é a comparação da evolução de dois sistemas produtivos, com e sem a ferramenta de standardização de trabalhos. É notável que a existência de SW, resulta numa capacidade de manter a melhoria, ao passo que sem *Standard Work*, não há a capacidade de manter o nível de melhoria, uma vez que esta vai-se degradando gradualmente. Os pilares inerentes ao *Standard Work* são a identificação e solução do problema. O processo de produção é expectavelmente imperfeito e os seus problemas continuarão a ocorrer. É da responsabilidade das pessoas envolvidas identificar os desvios para com o que é o *standard* e resolvê-los (Liker & Hoseus, 2010 citado por Liker and Meier, 2006). A documentação *Standard Work* reporta a sequência de trabalho do operador, as suas movimentações e as interações com as máquinas necessárias para o processo produtivo (Miltenburg, 2007). Mas, o conceito de *Standard Work* não é só sobre documentação. É também sobre melhoria processual, sequência e métodos de trabalho (Hall, 2004).

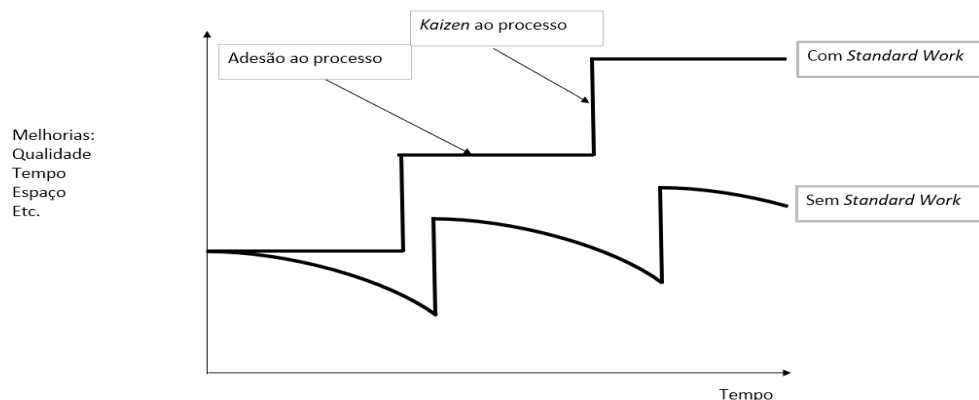


Figura 3- Implementação de *Standard Work* (Adaptado de(Hall, 2004))

Um dos pontos defendidos pela literatura é a oportunidade cedida a toda a equipa, desde engenheiros a supervisores e operadores para trabalharem em conjunto seguindo o mesmo procedimento (Lu & Yang, 2015). Este ponto é fortalecido por Gao & Low (2014), que segundo estes, o *Standard Work* permite aos trabalhadores fazerem parte do processo de conceção e melhoria dos atuais *standards*, o que significa providenciar a liberdade a toda a equipa de ser criativa e melhorar os *standards* (p.e. Métodos de melhoria de certos processos). Contudo, há uma consideração importante: a implementação de trabalho standardizado implica um longo tempo de amadurecimento (Hall, 2004).

Na Tabela 4 é apresentada o que é a *guideline* de implementação por subprincípios do modelo Toyota, com uma vertente de análise, melhoria contínua e implementação, de forma cíclica. Numa primeira fase, procede-se à standardização, seguindo-se da melhoria contínua e a standardização dessas melhorias.

Tabela 4- Guideline de implementação de *Standard Work* (Adaptado de Gao & Low, 2014)

Etapas	Descrição
† Procedimento <i>Standard</i> da operação (SOP)	† Uso de clara, facilmente acessível e atualizada SOP sobre determinado processo. (definir o contexto, sequencia e resultados esperados). O uso de <i>One Point Lessons</i> (OPL) é apropriado.
† Melhoria contínua de Standardização	† Encorajar engenheiros, supervisores, e até mesmo trabalhadores para fazerem contribuições para novos <i>standards</i> no que é o processo atual
† Standardizar materiais, componentes, etc.	† Fazer maior uso do material standardizado, componentes e dos novos procedimentos.

A standardização de trabalhos pode ajudar novos empregados a adaptarem-se enquanto aprendem as novas ferramentas necessárias para a função (Hsiung & Hsieh, 2003). Citando ainda Hsiung & Hsieh (2003), por diversas razões, pode existir algum desconforto ao pedir informações relacionadas ao trabalho. Os novos empregados, que praticam uma função cujas atividades estão standardizadas, experienciam maior e mais rápida socialização, já que beneficiam de uma melhor forma de aprendizagem, o que possibilita o desenvolvimento de capacidades necessárias para desempenhar novas funções e novos cargos. O *Standard Work* é uma das mais poderosas ferramentas utilizadas pela Toyota para alcançar sucesso no tão popular sistema de produção, e o seu estabelecimento permitiu à organização uma base estável de forma a realizar *Kaizen* e melhoria contínua, sendo um método de trabalho para atingir redução de custos e construção de consistência ao nível da qualidade do produto (Marksberry et al., 2011).

O *Standard Work* é apenas o guião para uma peça, por vezes reescrita, em que os todos os atores e participantes ajudam a reescrever. O desenrolar da ação é a peça. O cliente distante, a sua audiência incapaz de ver (Hall, 2004).

## 2.3 Melhoria de processo

Como forma introdutiva ao que é a segunda parte da revisão bibliográfica, apresenta-se a Figura 4. Tal como observável, um processo tem o seu *output*, de várias formas, que dependem de uma série de fatores controláveis e não controláveis. Estas relações estão gradualmente a ser analisadas de forma a aprofundar o conhecimento do processo. Ter a capacidade de entender, desenvolver, controlar e melhorar um processo (ao nível *macro*, ou mais específico) é um ponto chave dada a concorrência, desenvolvimento e proliferação de capacidades tecnológicas de desenvolvimento de processo.

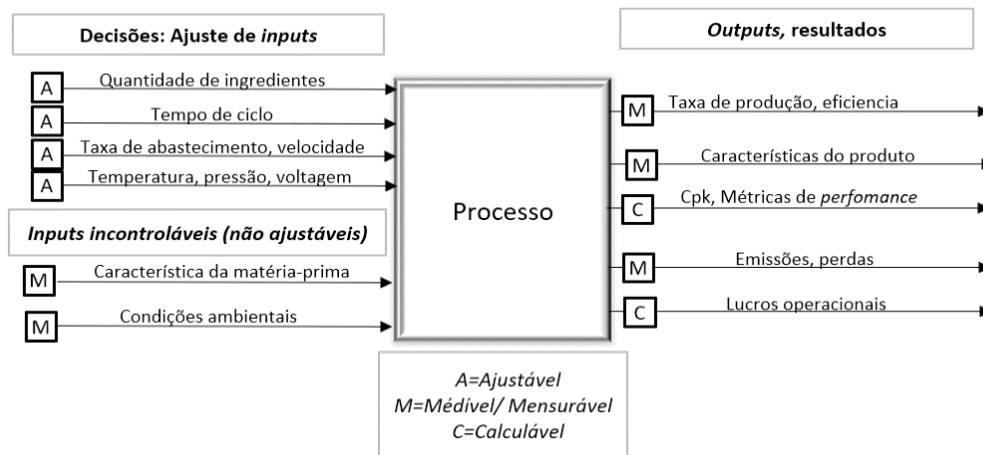


Figura 4- Elementos de gestão operacional(Moreno, 2006)

A primeira fase no que é a ação de entendimento do anteriormente dito é o controlo estatístico, que é uma necessidade quase imperativa no controlo do processo. Tal engloba recursos, quer físicos (sensores, balanças, medidores, etc.), quer projetados e inerentes ao processo, de forma a realizar essas mesmas análises. Segundo Brannstrom-Stenberg & Deleryd (1999), as organizações que implementaram, voluntariamente, um método de controlo estatístico nos seus processos apresentam vantagens, entre outras, como:

- Menores taxas de rejeição e custos de qualidade;
- Melhoria na interação produto-processo;
- Maior compreensão e capacidade de controlo do processo;
- Maior rastreabilidade.

Organizações cujo método foi implementado por requisito dos clientes apresentam um maior número de desvantagens, tais como investimentos avultados e incapacidade de adaptação ao controlo da organização (Brannstrom-Stenberg & Deleryd, 1999).

### 2.3.1 Índices de capacidade do processo

Ao realizar um estudo de capacidade do processo, é importante que o processo monitorizado seja estável, caso contrário os resultados do estudo não terão grande significância. A estabilidade pode ser esclarecida com controlo estatístico do processo, utilizando gráficos de controlo e o estudo de capacidades do processo (Brannstrom-

Stenberg & Deleryd, 1999). De particular interesse têm sido os índices  $C_p$  e  $C_{pk}$ , utilizados inicialmente no Japão estendendo-se à indústria automóvel Americana (p.e. Ford Motor Company)(Kotz & Johnson, 2017). Um índice alternativo relaciona a tendência natural ( $6\sigma$ ) utilizada na literatura de controlo de qualidade para as especificações a nível de engenharia (Juran and Gryna [1980 p. 299], citado por (Kotz & Johnson, 2017)). Um  $C_p$  de 1.0 indica que o processo é julgado como “capaz”, como demonstra, abaixo na Figura 5 (Kotz & Johnson, 2017).

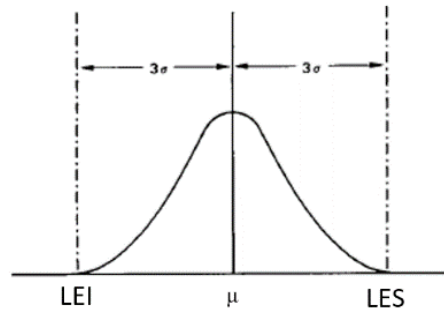


Figura 5-Distribuição de especificação num processo capaz ( $C_p=1.0$ ) (Kotz & Johnson, 2017)

Outro índice de grande importância é o  $C_{pk}$ , que relaciona o distanciamento entre o que é a média do processo e o limite de especificação mais próximo, tal como indicado na Figura 6(Kotz & Johnson, 2017).

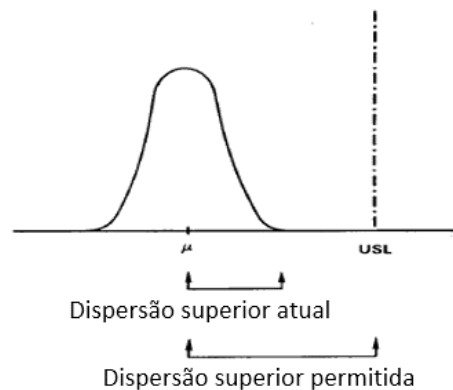


Figura 6-Representação gráfica das dispersões

A Tabela 5 resume os dois índices discutidos. Possuir a capacidade de afinar os controlos e parâmetros do processo, sendo estes retribuídos de índices numéricos, de fácil análise, é uma imediata contribuição no controlo estatístico do processo.

Tabela 5- Índices de capacidade (Assarzadeh & Ghoreishi, 2013)

Índice	Fórmula	Descrição
$C_p$	$\frac{LES - LEI}{6\sigma} = \frac{LES - LEI}{NT}$	Potencial de cumprimento das-especificações limite (LEI e LES) do processo
K	$\frac{2 m - x }{LES - LEI}$	Derivação da média do processo em relação ao ponto médio das especificações limite
$C_{pk}$	$C_p(1 - k)$	Desempenho de cumprimento das-especificações limite (LEI e LES) do processo

### 2.3.2 Conceito Design experimental

À entrada deste, é importante realizar o que é a distinção entre melhoria e otimização, sendo que existem três níveis de melhoria (Moreno, 2006) :

1. Implementação de melhores decisões (não aplicando otimizações), resultando em subotimização;
2. Implementação de uma ou mais soluções a um leque reduzido de parâmetros/configurações;
3. Implementação da melhor solução para todo o espectro.

Em termos gerais, qualquer máquina utilizada num processo produtivo permite ajustabilidade em vários parâmetros, que afetam a qualidade do produto que é gerado. Com esta informação é possível que esses parâmetros possam ser constantemente melhorados até a qualidade ótima ser obtida (Hron & MacÁk, 2013). A melhor *performance* com os ativos existentes ao nível da produção é conseguida através dos melhores ajustes possíveis dependendo dos valores de *inputs* incontroláveis (Moreno, 2006). Este mesmo autor reforça que a conclusão é que a maioria dos processos produtivos são subutilizados e o uso de tecnologias matemáticas maduras e acessíveis permite uma capacidade otimizada, o que é de grande significado.

O Design Experimental, do inglês DOE (*Design of Experiments*) é uma ferramenta estatística utilizada em vários tipos de sistemas, processos, design de produto, desenvolvimento e otimização. É uma ferramenta multi-propositada que pode ser utilizada sob várias formas, tais como comparação, filtro de variáveis, otimização e design robusto (Durakovic, 2017). Comumente referido como método de teste combinatório, tem como fase inicial a recolha de informação sob forma de combinações de ajustamentos experimentais altamente estruturados, ao qual um modelo matemático é ajustado para cada *output* do processo. Os modelos são validados na região coberta por área suficiente, e para essa dada região possuem as capacidades interpretativas de, a nível individual, analisar os efeitos dos *inputs e outputs* (Moreno, 2006). Outros autores como Tanco, Viles, Ilzarbe, & Álvarez, (2007) descrevem o *DOE* como a análise rápida e de baixo custo como forma de perceção e otimização dos produtos e processo. A utilização do *design* experimental é uma abordagem revolucionária no sentido de otimização, devido à quantidade de informação obtida com uma quantidade reduzida de experiências (Tye, 2004).

A metodologia DOE foi apresentada em 1920 através de uma pesquisa realizada por Fisher na área da agricultura. Dada a falta de capacidades de informática na altura, a evolução do conceito não era significativa. Contudo, graças ao desenvolvimento de fatores como a educação e evolução de *softwares*, desde o início da década de 1990, a utilização de DOE tem vindo a ser estudada de uma forma crescente (Durakovic, 2017). Tal constatação pode ser obtida através da Figura 7.

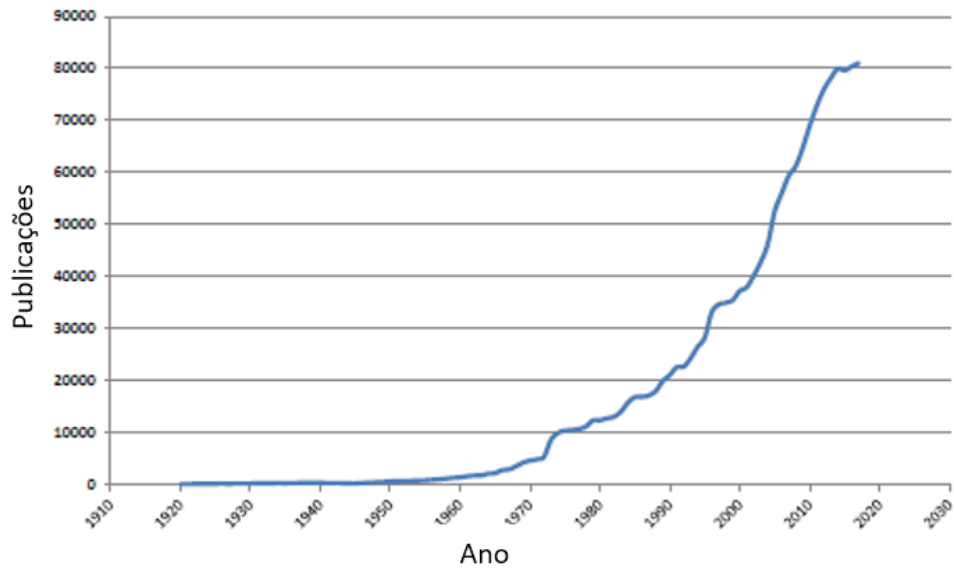


Figura 7- Aplicação de DOE em pesquisa científica(Durakovic, 2017)

É justo aferir que o *DOE* será uma técnica chave para o desenvolvimento de produtos robustos e fiáveis no presente século. Nos últimos 15 anos, tem vindo a crescer os níveis de aceitação em países como o Japão e os Estados Unidos da América como uma componente chave na capacidade, diminuição de custos (ao nível da qualidade) e melhoria de processo, ao passo que na Europa, esta metodologia não se encontra divulgada a esse nível (Hron & MacÁk, 2013). A sua diversidade applicativa é demonstrada na Figura 8 através do qual é perceptível a sua utilização não se cinge à engenharia e medicina, mas existe um grande número de publicações em áreas como a administração, marketing, hospitais, farmacêutica, energia e arquitetura, entre outros.

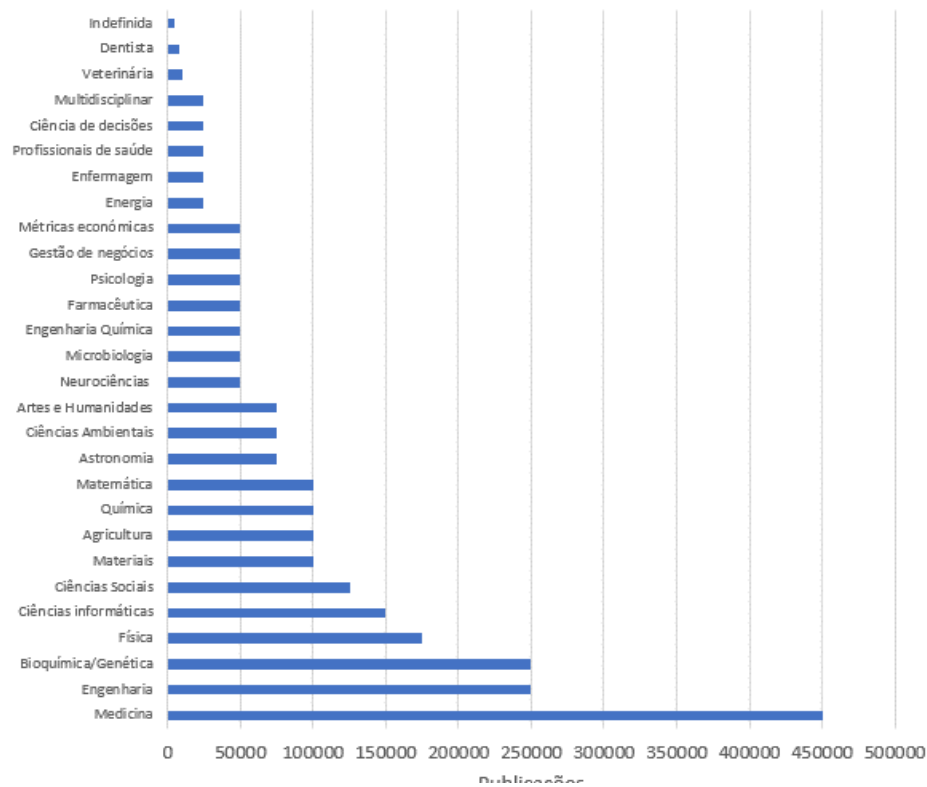


Figura 8- Publicações DOE por área científica(Durakovic, 2017)

O Design Experimental é uma metodologia para, de forma sistemática, aplicar estatísticas a uma experiência. Consiste numa série de testes com o propósito de realizar as alterações às variáveis *inputs* (fatores) de um produto ou processo para que observe e identifique as razões para a variação de *output* (Tanco et al., 2007). Essas experiências fornecem a capacidade de ajustar as definições da máquina, de uma forma sistemática e aprender os fatores de maior impacto na qualidade dos *inputs* (Hron & MacÁk, 2013). Aquando da otimização de sistema, a determinação dos graus de liberdade é normalmente baseada no conhecimento prévio do processo ou experiências *one-at-a-time* (Pontes, Maciel, Maciel, & Embiruçu, 2011).

Existe um conjunto de conceitos e definições que são usados amplamente nesta temática, tais como (Durakovic, 2017):

- Fator: consiste num parâmetro controlável ou incontrollável cuja influência está a ser estudada na experiência. Esta pode ser quantitativa (temperatura, tempo, entre outros) ou qualitativa (acionamento de um interruptor, troca física entre elementos, etc.)
- Nível: é a quantidade de valores a ser examinados para cada fator.
- Block: consiste num fator do design a ser realizado, que quando fixo, permite uma maior homogeneidade da recolha. Este conceito teve início na área da agricultura, onde o realizar “Block” ao terreno, resultava numa variância de resultados menor.
- Aleatoriedade: tende a exigir à experiência uma não continuidade lógica entre experiências, mas sim uma atribuição ao acaso. Tal conceito permite uma diluição do que são os efeitos provocados por fatores não controláveis e possibilita a aplicação de testes estatísticos de significância em intervalos de confiança. É tida como de uso essencial, assim que passível de aplicar.

É de grande importância frisar que o efeito de cada fator no *output* pode ser resultado do efeito direto do fator, ou também surgir em resultado da interseção de outros efeitos, denominando-se fatores iterativos. Aquando da avaliação, é crucial considerar não só a magnitude do efeito, como a sua direção. Esta determina o sentido correto do fator, de forma a otimizar o *output* final (Hron & MacÁk, 2013).

A escolha dos *designs* a utilizar como metodologia é normalmente um compromisso entre a informação necessária de recolher e o número de experiências a realizar. Para filtragens simples de parâmetros experimentais, metodologias como o *Full* ou o *Fractional Factorial Design* serão as adequadas. Contudo, como seria expectável, o último (*Fractional Factorial Design*) oferece uma menor garantia na resposta associada à não determinação de efeitos iterativos, já que permite uma redução considerável no número de testes a realizar. Apesar disto, estes são de grande utilidade numa fase inicial de experimentação, de forma a determinar os fatores que são significantes (Tye, 2004). Existem outros métodos, como os abordados na Tabela 1, onde se desta o método RSM. Este produz mapas precisos baseados em modelos matemáticos, o que facilita a descoberta de pontos fortes que cumprem todas as especificações a um custo mínimo (Fallis, 2013).

Outro método de interesse é o *D-optimal*, que providencia um menor número de experiências em relação ao *RSM* e pode incluir fatores categóricos na experiência (Kuram, Ozcelik, Bayramoglu, Demirbas, & Simsek, 2013).

Ao considerar um aparelho com 5 *inputs*, cada um dos quais com 6 regulações, permite um total de 7776 combinações. A utilização de DOE pode reduzir drasticamente o número de testes a serem realizados, dependendo do tipo de teste que foi levado a cabo. Através do método gerado por computador, é possível realizar o teste com 29 combinações de fatores (Kuhn & Reilly, 2003). Os softwares que utilizam as capacidades DOE têm sido defendidos com um método eficiente de providenciar um alto nível de cobertura com um pequeno número de testes (Durakovic, 2017). Existe uma quantidade considerável de *softwares* iterativos (tais como *Minitab*, *Statgraphic*, *Ellistat*, *Design Expert*) que suportam e apoiam a fase inicial do design experimental, onde o experimentador pode inserir a informação sobre o número de fatores, níveis e afins de forma ao programa apresentar uma seleção de metodologias possíveis para aquela experiência em particular. Uma outra função destes programas é providenciar informação diagnóstica sobre a *performance* de cada *design*. Tal capacidade assume-se útil na decisão entre as diferentes alternativas de experimentação (Montgomery, 2012). Outros autores referem que, através de testes DOE baseados em *softwares*, têm sido anunciados como uma solução de grande cobertura e eficácia a um preço relativamente baixo (Kuhn & Reilly, 2003). O valor absoluto do DOE será, sem dúvida, demonstrado pela capacidade de tornar rotina o uso, adaptando o conceito de otimização, ao decorrer do processo produtivo (Tye, 2004).

### 2.3.3 *Guideline do design experimental*

O propósito de um primeiro design experimental não se limita a obter bons resultados, mas também entender as melhores e piores condições de operação para que uma pequena e sequencial amostra de experiências possa ser conduzida de forma a obter um mais aprofundado conhecimento do processo (Hron & MacÁk, 2013). Os modelos baseados no *DOE* tendem a otimizar as condições de operação. Há, contudo, uma subdivisão no problema de otimização: Mapeamento da função objetivo do design experimental, seguindo-se de uma otimização rigorosa (Pontes et al., 2011).

De uma forma geral, a *guideline* para o planeamento e condução de DOE são (Durakovic, 2017):

- Definição dos objetivos – consiste numa lista de problemas a ser investigados;
- Definição das variáveis de resposta- trata-se de definir o objetivo a ser medido como *output*;
- Determinação de fatores e níveis- Seleção de fatores, quer controláveis, quer não controláveis e os seus respetivos níveis
- Determinação do tipo de design experimental- Tem como objetivo determinar o tipo de design (com ou sem ajuda de *software*), assim como o número e a combinação de parâmetros.
- Realizar a experiência com o auxílio da matriz de teste

- Análise de dados através de métodos estatísticos com regressões e ANOVA.
- Conclusões práticas e recomendações- Retirar ilações através de representações gráficas e validação de resultados

A *guideline* apresentada acima encaixa, de certa forma, no que é apresentado por Tanco et al. (2007), na Figura 9, contudo este reforça o que é a ciclicidade de algumas das ações e na importância do momento de “Analisar”. Este momento deve ter como decisão uma nova medição ou a implementação da melhoria proveniente dessa mesma análise.

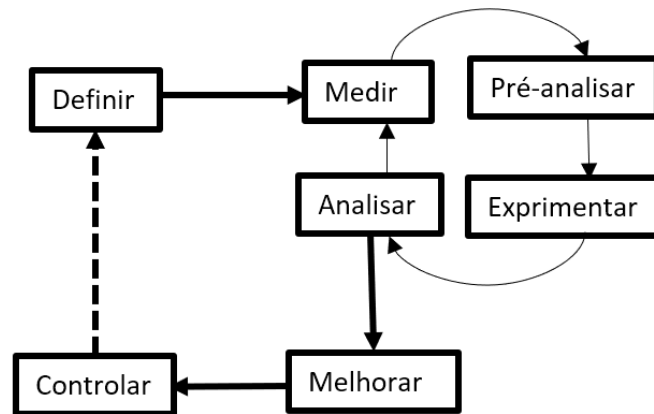


Figura 9-Guideline DOE(Tanco et al., 2007)

# 3.MELHORIA E STANDARDIZAÇÃO DE PROCESSOS

3.1 Análise e mapeamento dos processos em estudo

3.2 Controlo de processo

3.3 Identificação dos problemas

3.4 Implementação ou sugestões sobre os problemas

3.5 Análise de resultados obtidos



### 3. MELHORIA E STANDARDIZAÇÃO DE PROCESSOS

O terceiro capítulo demonstra como é realizado o processo, assim como a transformação do material ao longo do processo. Após o estudo do processo e das suas metodologias de controlo, segue-se a definição dos problemas às quais foram sugeridas diversas alterações, correções ou propostas de melhoria, que serão também exploradas no presente capítulo.

#### 3.1 Análise e mapeamento dos processos em estudo

Durante a realização deste trabalho de projeto, foi acompanhado e analisado o processo de produção da unidade industrial GMT (*“Granular Material Technology”*), que corresponde à parte inicial do que se entende ser o processo de compósitos de cortiça. É a unidade responsável pela transformação do conjunto de produtos rececionados da matéria-prima cortiça em granulado. Os produtos finais da unidade industrial são quer para consumo interno, quer para consumo externo. A unidade industrial GMT é o processo que tritura/divide matérias primas de cortiça em pequenos grânulos de cortiça, classificando-os/segregando-os por dimensão e densidade. Tal classificação pode ser vista na Tabela 6.

Tabela 6- Exemplo de produtos finais da unidade industrial

Designação	Granulometria (mm)	Densidade (kg/m <sup>3</sup> )	Humidade (%)
BD 05/1	0.5/1	50-60	<5
BD 1/2	1/2	50-60	<5
BD 2/3	2/3	55-65	<5
BD 3/4	3/4	60-70	<5
BD 4/5	4/5	60-65	<5
MD 05/1	0.5/1	70-80	<5
MD 1/2	1/2	75-85	<5
MD 2/3	2/3	80-90	<5
AD 05/21	3/4	90-120	<5
AD 1/2	4/5	90-120	<5
AD 05/2	0.5/2	100-110	<5
AD 2/3	2/3	90-120	<5
ADS 05/1	0.5/1	170-210	<5
ADS 1/2	1/2	170-210	<5
Lote 2/3	2/3	65-75	<5
Lote 2/5	2/5	65-85	<5
TE 4/14	4/14	70-90	<5
TE 14/25	14/25	70-90	<5

Esta subdivide-se em processos de trituração, reprocessamento, secagem e enfardamento. O Fluxograma da unidade industrial pode ser visto no Figura 10. Cada uma destas partes será explicada em detalhe no decorrer do presente subcapítulo.

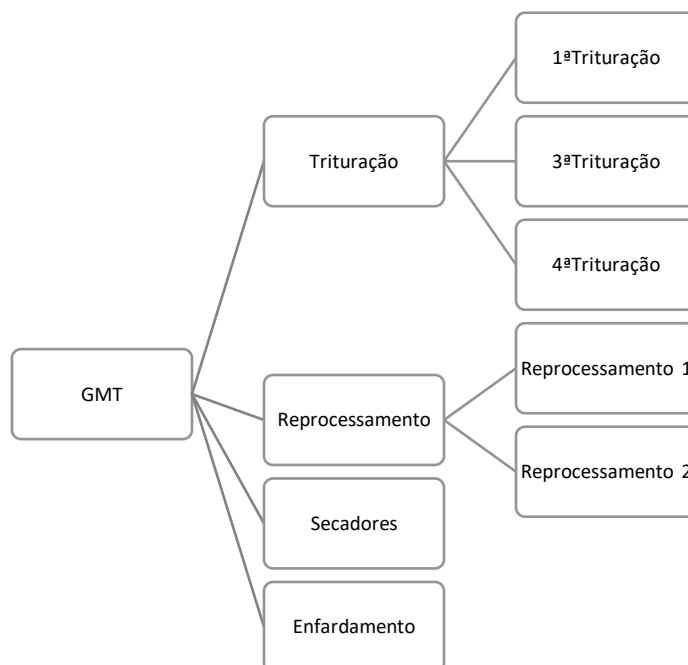


Figura 10-Divisão e subdivisão da unidade industrial

### 3.1.1 Trituração

Começando pela trituração, esta possui três postos. A 1ª Trituração é alimentada por uma grande variedade da matéria-prima cortiça em diversos formatos desde refugo cru, refugo cozido, aparas, costas, falcas entre outros, como indica a Figura 11- Amostras de matéria-prima cortiça. Ao passo que a 3ª Trituração se ocupa maioritariamente de aparas e rolhas, tipicamente de forma a realizar um granulado com características especiais. A 4ª Trituração, é servida essencialmente por desperdícios de uma outra unidade industrial que produz placas, CNM (*Cork Natural Materials*).



Figura 11- Amostras de matéria-prima cortiça

No que é o processo típico de trituração, a primeira instrução no processo é a alimentação da baía, de forma a encaminhar o material a ser triturado. Devido ao elevado volume de material, recorre-se a maquinaria, tipicamente uma Retroescavadora, conseguindo ser um transporte eficiente, desde que a MP (preferencialmente uma mistura heterogénea em termos de densidade e humidade)

esteja suficiente perto da baía ou moega. Um exemplo de alimentação da baía com MP a ser transportado por Retroescavadora, pode ser encontrado na Figura 12.



Figura 12-Matéria prima e o seu transporte

Esta bacia possui um tapete rolante, responsável por encaminhar a matéria prima para o MDT (Moinho Destroçador). Este moinho é responsável pela primeira fase de trituração da cortiça, dispondo de sistema de rotor com lâminas e contra faca, como demonstra a Figura 13.

Este granulado, tipicamente apelidado de *broken* (por ter sofrido a primeira trituração) é passado por condutas até ao peneiro. Por entre estas condutas, aparece o primeiro “tira-pesados” do processo. Esta “armadilha” serve para retirar materiais pesados como pedras e ferros, que em nada contribuem para o processo e tem um comportamento muito prejudicial na vida útil das máquinas.



Figura 13- Moinho destroçador

As condutas existentes na instalação, funcionam através de transportes de parafusos sem-fim (TSF) ou através de sistema de transporte pneumático, alimentado por uma caldeira, cuja alimentação provém, cerca de 70%, de terras (considerado lixo) e que são reinseridas, sendo assim reutilizadas, na caldeira. Existe ainda, uma passagem por ciclones, de forma a expelir poeiras e pós através fluxos de ar ascendentes e descendentes. No seguimento do processo, o peneiro é um instrumento que tem como finalidade a separação do material por granulometrias distintas. Realiza-o através de várias redes com tamanhos cada vez menores, auxiliado por uma pequena vibração e gravidade, o material passa pelas redes que possuem maior tamanho, ficando acima da rede que possui um tamanho mais reduzido que este. Exemplificando, uma das redes do peneiro possui 1,5mm, e toda a cortiça que fica abaixo dessa rede (e por consequência dimensão), é considerada terra, sendo então separada da restante cortiça, sendo armazenada em silos. À saída do peneiro, existem balanças que controlam a produção, quer das terras, quer da restante cortiça que é então encaminhada para o Popcork. Uma outra função importante dos peneiros é a filtração de pós e resíduos (tais como linhos, algodão e outros materiais que acabam a ser transportados conjuntamente com a cortiça). No fim da primeira peneiração, o nível de terras ronda os 12%. Um exemplo de um peneiro pode ser encontrado na Figura 14.



Figura 14 – Peneiro industrial

De seguida, o Popcork é um processo ao qual se submete a cortiça, de forma a expandi-la e assim aumentar a sua rentabilidade. Analogamente à ação de transformar milho em pipocas através da incidência de radiação à matéria-prima, na cortiça é injetado vapor a pressão e temperatura controlada, de forma a expandir as suas células vegetais, fazendo com que a cortiça expanda, ou por outras palavras, desça a massa volúmica.

O Popcork, exemplificando o da 1ª Trituração, tem todo o seu funcionamento através de sistemas de parafusos sem-fim que transporta a cortiça para 3 câmaras, sendo auxiliado por um sobreaquecedor de vapor, nas quais é injetado vapor de água, pretendendo que a parede da célula da cortiça distenda, obtendo assim características mais desejadas. À saída das câmaras existe uma aspiração forçada (por ação de ventilador), de forma a extrair o vapor da cortiça. A Figura 15 demonstra o processo de expansão da cortiça.



Figura 15- Processo Popcork

Após o processo de Popcork é realizada uma nova pesagem, de forma a poder aferir a eficiência do processo seguinte. As balanças estão colocadas estrategicamente ao longo do processo, de forma a quantificar o fluxo. Neste momento a cortiça terá uma humidade a rondar os 18 a 25 % de humidade, não sendo esse um valor desejável. Por isso, o processo engloba um secador horizontal que tem como objetivo diminuir a humidade para valores à volta dos 11%. Em casos de maior humidade, o secador possui um queimador, que funciona como uma pré-câmara. O secador gira concentricamente, permitindo a mistura e secagem do granulado. O secador horizontal é alimentado pela cortiça com através do bocal de entrada é recolhido pelas pás do rotor, aplicado na parede quente e transportado simultaneamente para o bocal de saída na extremidade oposta do corpo. Os vapores gerados estão a fluir em conta-corrente para o fluxo do produto e estão deixando o secador perto do bocal de alimentação. A capacidade de evaporação e transporte é adaptada pela disposição correta das pás do rotor. A Figura 16 demonstra o primeiro tipo de secagem no processo de qualquer granulado na trituração, o secador horizontal.



Figura 16- Secador Horizontal

Após a passagem pelo secador horizontal, é encaminhado para a segunda peneiração (com uma armadilha “tira-pesados) na sua conduta. A segunda peneiração, à semelhança da primeira, separa o que é considerado terra do restante material com qualidade de exploração. A segunda peneiração tende a ter um nível de terras de 2%. À

semelhança da primeira peneiração, à saída possui balanças, de forma a obter a massa das terras e do restante material de granulometria superior a 1,5mm.

Possuindo, então, o matéria-prima sem terras e granulada, a próxima fase da trituração é o MFA (Moinho de facas), presente na Figura 17. Este moinho possui um rotor com facas na sua extremidade e um crivo. Este crivo possui aberturas de dimensão quadrática constante e que atuam como contra-facas. O rotor é alimentado por um motor elétrico com variador de frequência. É então possível controlar o produto final através da variação dos crivos e da frequência do motor elétrico do rotor.



Figura 17- Moinho de facas

Possuindo agora uma granulometria de menor grau, é necessário um equipamento capaz de realizar a divisão em granulometrias, de forma a poder subdividir o granulado. O equipamento inserido no processo com essa finalidade, é o Rotex, presente na Figura 19. O Rotex possui características idênticas ao peneiro, contudo é projetado para separação de partículas inferiores. O intuito é mais a divisão de cortiça por granulometrias, do que a separação de contaminações (terras, madeiras, materiais metálicos, etc.) Este possui uma rotação excêntrica, aliada a uma inclinação do próprio Rotex, que faz com o que o material alimentado vá deslizando ao longo de várias redes postas por camadas. À semelhança do peneiro, este realiza a divisão por captação das partículas em rede metálicas. Também estas redes são adaptáveis, e devem ser colocadas em função do conjunto de resultado pretendido.

Tomando como por exemplo uma rede de 8mm, é usada, pois as partículas que fiquem retidas nessa rede (e que por consequência tenham mais de 8mm, são enviadas para um silo (passando por uma balança, de forma a aferir a quantidade), onde será posteriormente tratada de forma a ser reincidida no processo global GMT. Após efetuada a divisão da cortiça por granulometria, o próximo equipamento tem como função realizar a separação por densidades, sendo que cada um deles opera com uma determinada granulometria.



Figura 19- Rotex

Para tal, os MLI (Mesas densimétricas) são um equipamento de separação de partículas secas por gravidade. Estas são alimentadas pela cortiça já dividida em granulometrias, que em função da inclinação da mesa e do caudal de envio de ar pela base da mesa, os granulados acabam a dividir-se por densidades, ficando na parte mais baixa os materiais mais densos e na parte mais alta os materiais menos densos, dada a ação em conjunto do ar e da inclinação. Nas extremidades das mesas existem umas alhetas, que podem estar desde a posição de aberta à posição de totalmente fechada. Esta posição permite controlar o que se pretende produzir, mais afinadamente a nível de densidade. Um exemplo de uma mesa densimétrica pode ser visto na Figura 18.



Figura 18- Mesa Densimétrica

Os granulados encontram-se agora divididos em granulometria e densidade, onde são de forma separada, reencaminhados para balanças. Após a sua pesagem e registo, são armazenados por silos separadamente. Como forma de divisão de materiais existem as classificações identificadas na Tabela 6. Um organograma simplificado da sequência de equipamentos no processo de trituração pode ser encontrado na Figura 20

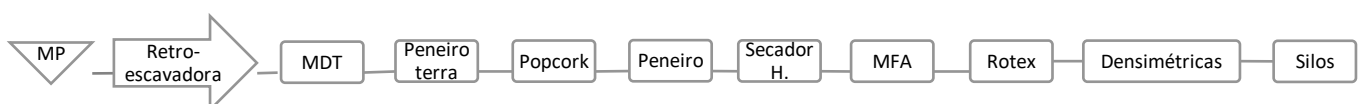


Figura 20-Processo de trituração simplificado

### 3.1.2 Reprocessamento

O reprocessamento acolhe matérias-primas vinda das fases de trituração e material comprado e introduzido diretamente no processo. Este material proveniente de Retroescavadora, ou das condutas de trituração, é introduzido na balança de forma a ser controlado. Após a subida aos ciclones, o material é introduzido no MIM (Moinho de Impacto).

Este moinho, diferente dos até então, possuindo crivos de 2mm e 3mm, o que se indica para um tipo de granulado de menor dimensão, daí a sua utilização na fase de reprocessamento. Contudo, tem um mecanismo de funcionamento semelhante aos demais, possuindo uma rotação interior, que em conjunto com os crivos (que possuem função de contra-faca), mói o material. Detalhes do equipamento estão presentes na Figura 21.

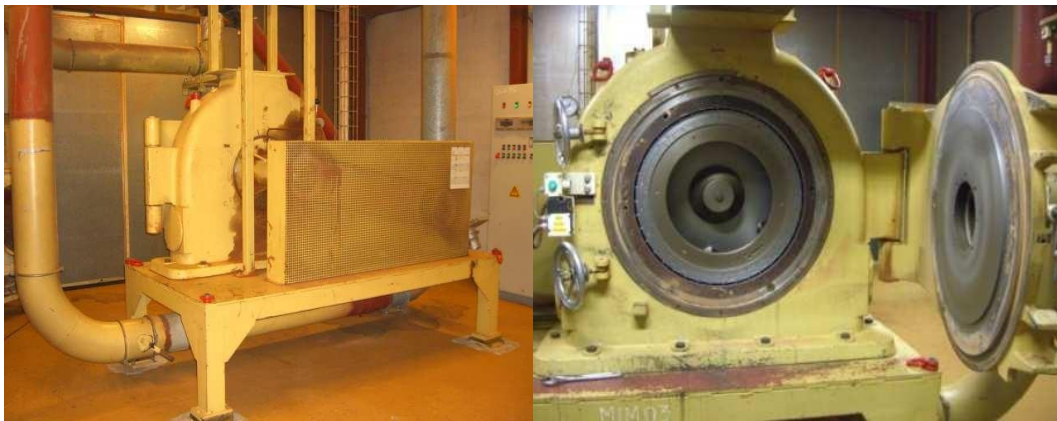


Figura 21- Moinho de impacto

Após a moagem, à semelhança com a trituração, a cortiça é enviada para o Rotex, de forma a realizar a divisão por granulometrias. De seguida, é também, enviada para mesas densimétricas (MLI) dividindo-se, neste momento, por densidades.

Após a divisão, passa novamente por balança, como controlo de processo, sendo então armazenado. Em termos conceptuais, pode assumir-se que é, também, um complemento à trituração porque serve-se dos seus excedentes, repassando-os. Um organograma simplificado do esquema de maquinaria pode ser encontrado na Figura 22.

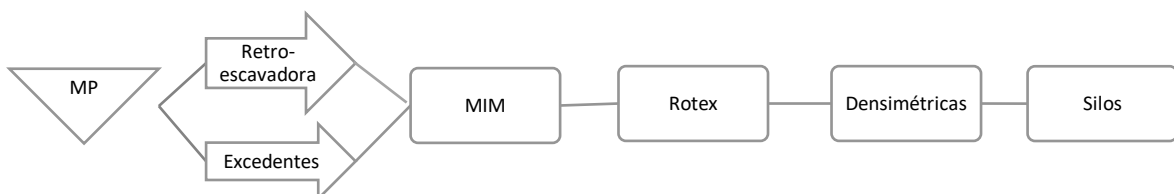


Figura 22- Processo de trituração simplificado

### 3.1.3 Secadores

Aquando da necessidade de expedição de material, existe a passagem por um equipamento, o secador vertical, como forma de garantia da humidade requerida. O secador vertical, presente na Figura 23 é alimentado pela parte superior por cortiça, que vai descendo em efeito vortex, ao passo que é alimentado calor pela parte inferior, fazendo com que este suba e seque a cortiça. A cortiça é então retirada do sistema por ação de um ventilador localizado numa conduta a sair do topo do secador.



Figura 23- Secador vertical

### 3.1.4 Enfardamento

Após a secagem, segue-se o enfardamento (ou ensacamento). O armazenamento pode ser feito de diversas formas, tipicamente em silos, ou em caso de expedição consoante as necessidades/vontades do cliente. Dependendo das normas aplicáveis ao país, às necessidades impostas por meio do transporte, esta pode ser feita em *big bags* ou sacos (de cerca de 30 kg). Importante referir, que por vezes, por questões de logística, é preferível armazenar em *big bags* ao invés de silos. É ainda realizada o embalamento através de uma prensa, onde os operários enfardam os aglomerados, permitindo uma maior economia de espaço, comparativamente às restantes. Estes métodos são observáveis na Figura 24.



Figura 24- Armazenamento sob forma de fardos e sacos

## 3.2 Controlo de processo

Aquando da produção e do desenrolar dos processos descritos acima, é realizado um controlo de qualidade do processo e por consequência do produto. Esse controlo tem como objetivo assegurar as características desejadas para o produto final e que o processo segue conforme e com as especificações do produto.

### 3.2.1 Controlo de humidade

É realizada uma análise à humidade (relação de quociente entre a diferença de massa húmida e seca e a massa húmida), assim como a sua massa volúmica. Estes controlos são realizados com um medidor de humidade como a Figura 25. No caso da massa volúmica, recorre-se a um copo normalizado com volume de 1L, de forma a apurar instantaneamente a sua massa volúmica.



Figura 25-Instrumento de medição de humidade

### 3.2.2 Controlo de distribuição granulométrica

Outra análise que pode ainda ser realizada é a distribuição granulométrica. Esta através de um processo de peneiração (com um decrescer do espaçamento entre redes), é determinada a percentagem de granulado entre os tamanhos de rede (imediatamente acima e abaixo), podendo então aferir se o produto está conforme as especificações de distribuição previamente definidas entre o fornecedor e o cliente. O equipamento utilizado para este controlo é apresentado na Figura 26. As redes de peneiração são certificadas e normalizadas, de forma a garantir a integridade do controlo.



Figura 26- Agitador granulométrico

### 3.2.3 *Controlo de massa ao longo do processo*

Uma outra forma de controlo de processo, recorrente ao longo dos processos de produção, é a utilização de balanças ou células de carga, como a da Figura 27. Esta para além de permitir saber a quantidade que está a ser produzida (necessário para efeitos de controlo de produção, controlo de enchimento de silos, etc.), também permite aferir a eficácia de alguns dos equipamentos utilizados. O controlo de quantidades é essencial para perceber o fluxo de materiais, detetar maus funcionamentos de equipamentos e até para a realização de ensaios experimentais.



Figura 27- Célula de carga

### 3.2.4 *Eficácia do processo*

Qualquer unidade industrial ou processo produtivo deve ter, indicadores ou metodologias de determinação de eficácia do processo. No que se refere ao processo em global, são utilizados essencialmente dois tipos de indicadores. O rendimento é a distribuição, consoante o material de entrada, do material de saída. Por outras palavras analisa a quantidade de *output*, consoante a densidade e granulometria. A soma relativa de todas estas quantidades permite, de imediato, quantificar as perdas ao longo do processo, tipicamente as terras, assim como comparar diferentes produções, desde que o consumo (matéria-prima) seja o mesmo ou sensivelmente o mesmo. Um outro indicador é o rendimento económico, que se serve da análise de rendimento, de forma a transformar as quantidades de consumo e de *output* em saldo e ganhos, respetivamente. Este balanço tem como objetivo quantificar monetariamente o desempenho de uma determinada produção.

## 3.3 *Identificação dos problemas*

Tendo em conta todo o processo, foram selecionados equipamentos críticos. Estes foram selecionados tendo em conta fatores como potenciais ganhos ou uma necessária adaptabilidade de máquinas ao processo. Em paralelo a isso, analisou-se a necessidade de criar metodologias. A identificação dos problemas pode ser encontrada na Tabela 7.

Tabela 7-Problemas identificados nos processos descritos.

Processo	Descrição	Problemas
Popcork	Afinação de processo	Falta de conhecimento científico do processo
		Distância de parâmetros da máquina industrial face à patente
		Dificuldades na parametrização adequada
		Baixa definição de metodologias de funcionamento
PPS	Otimização do equipamento para o material em causa	<i>Ramp-up</i> de equipamento novo
Standardização de trabalhos	Elaboração de metodologias de standardização de trabalhos	Falta de normalização em tarefas e condutas consideradas chave

### 3.3.1 Falta de conhecimento científico do processo

Aquando a abordagem inicial a parametrização era fixa e de certa forma, com muito pouco conhecimento sobre o processo. O procedimento era simplesmente garantir o abastecimento do vapor e garantir que os transportes estavam a operar. Assim como não eram conhecidos os valores de referência para cada um dos parâmetros. Tendo em conta a complexidade do processo e do próprio equipamento, tornou-se fundamental que este processo fosse afinado, de forma a conseguir resultados mais concretos, fiáveis e homogêneos. Para isso foi necessário conhecer o processo. Entender quais os parâmetros, quer controláveis, quer não controláveis e que eram influenciáveis ao resultado, neste caso a expansão da cortiça. A Figura 28 mostra o momento inicial de análise.

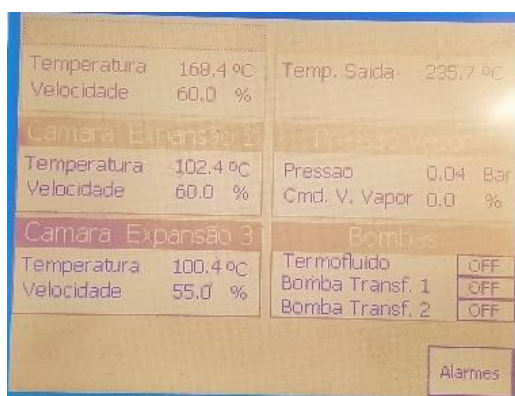


Figura 28- Sinótico Popcork (1ª Trituração)

### 3.3.2 Distância de parâmetros da máquina industrial face à patente

O processo ou equipamento em causa foi uma invenção, ficando então como um produto patenteado. Essa mesma patente apresentava uma solução industrial adaptada e parâmetros de processo. Estes parâmetros foram obtidos de forma laboratorial, em ambiente controlado, numa autoclave. Dado o potencial da invenção, a entidade acolhedora decidiu industrializar o conceito. Aquando da decisão de explorar o *Popcork*,

denotou-se um distanciamento entre o que eram os valores de referência e os valores do processo à data. Os valores de pressão e temperatura, definidos pela patente estavam longe de ser cumpridos. Uma tabla resumo pode ser vista na Tabela 8.

Tabela 8- Distanciamento entre valores de patente e reais

Valores	Atual	Patente
Pressão (bar)	0,06	0,1-0,2
Temperatura Vapor(°C)	220	270-350
Tempo de exposição (s)	30	60-300

Após constatar o problema referido no subcapítulo anterior, tornou-se então necessário entender a razão pelo desfasamento, assim como outros problemas presente no processo. Ao longo de várias observações, foram identificados problemas em alguns órgãos da máquina. Entre os quais destacam-se os seguintes:

- **Redes inferiores e sistema de exaustão**

As redes inferiores, fruto da exaustão forçada, apresentavam uma enorme acumulação de resíduos de cortiça que escapavam pela rede, mas posteriormente caíam no topo da rede por ação da gravidade. Um exemplo dessa colmatagem pode ser visto na Figura 29.



Figura 29- Redes de extração colmatadas

- **Redes superiores:**

As redes superiores localizadas no topo de cada uma das câmaras de expansão. Esta tem como objetivo evitar que o *broken* encontre uma fuga para o exterior, os coletores de escape. Contudo estas redes apresentavam-se colmatadas com resíduos de cortiça que com o contacto com o vapor acabam a tornar-se lama, o que dificulta a admissão do escape para o coletor. Esta situação encontra-se representada na Figura 30.



Figura 30- Redes de exaustão colmatadas

- **Défice de vapor**

Existia uma degradação de certos componentes, como os empanques, juntas de isolamento que não possibilitam um certo nível de estanquicidade, fazendo com que existam demasiadas fugas de vapor, não permitindo o nível de pressão desejado no interior das câmaras. O que carreta, em primeira instância, um desperdício de recursos, mas também a não capacidade de manter uma determinada pressão de vapor. Exemplos deste desgaste estão presentes na Figura 31.



Figura 31- Desgaste de componentes no Popcork

- **Não homogeneidade de parâmetros entre câmaras**

Aquando da observação mais atenta do processo, e tendo em conta que as três câmaras de expansão operam em paralelo, é suposto também operarem sob as mesmas condições. Um padrão que se veio a repetir ao longo dos períodos de funcionamento, recaí sobre as diferentes temperaturas de escape. Em particular, a câmara 1 apresenta o valor constantemente mais elevado, cerca de 50%, o que é relevante e merecedor de exploração. A Figura 28 demonstra um dos momentos produtivos em que se constata esse padrão.

### 3.3.3 *Dificuldades na parametrização e funcionamento adequado*

Como é analisado o subcapítulo 3.3.2., o processo não se encontra, no momento de análise, dentro do que são os parâmetros definidos. Não obstante disso, estes são referenciados na patente de forma pouco exata. Tal dever-se-á a fatores amplitude de aplicação do processo (*broken* de várias granulometrias, pranchas de cortiça, entre outros), a própria variabilidade da matéria-prima, fruto de ser natural. Consoante uma granulometria diferente, ou um tipo de cortiça diferente, o parâmetro ideal para a produção de tal derivado será em termos teóricos, diferente.

Apesar do referido acima, sentiu-se a necessidade de desenvolver uma metodologia de análise e avaliação de desempenho do processo. Apesar de toda a variabilidade, o consumível de produção era razoavelmente idêntico e a discrepância de parâmetros para materiais diferentes poderia ser reduzida. Tal presunção carece de análise. Desta forma, a resolução do problema passaria por testar os intervalos de parâmetros encontrados na patente.

### 3.3.4 *Baixa definição de metodologias de funcionamento*

A criação de métodos de operação, quer de *setup*, quer de limpeza ou de manutenção requerem que se conheça o processo existente, de forma a que a máquina consiga executar a sua função de forma eficaz e estável. Estas metodologias e normas culminam a investigação e desenvolvimento realizados nos pontos anteriores. São o conjunto de ações a serem realizadas de forma a que se consiga a margem de desempenho desejada. O problema consiste na falta de instrução/metodologias de funcionamento por parte da equipa. Sendo assim, após a investigação e tentativa de resolução de problemas do processo Popcork, deverão surgir necessidades inerentes ao processo, que serão resumidas de forma organizada, metódica e acessível. Por exemplo, através de OPL, manutenção preventiva, entre outros.

No momento inicial, as metodologias de operação consistiam na realização de uma purga (tipicamente) no início de operação após uma paragem prolongada e simplesmente na ativação do equipamento através do sinótico. Isto sem existir um conhecimento de causa sobre entre que valores os parâmetros essenciais devem recair, ou se todo o sistema operava conforme.

### 3.3.5 *Ramp-up de equipamento novo*

O *ramp-up* surge em detrimento de não existir um moinho semelhante na entidade acolhedora, nem é específico para a utilização em cortiça. Tipicamente, são usados moinhos com o MFA descrito no subcapítulo acima. A principal diferença reside no facto de que para além do rotor, o crivo também possui rotação, por via de um motor. Em adição, existem outros parâmetros associados que requerem estudo. Precisamente por estas razões tornou-se necessário realizar essa adaptação. O objetivo do *ramp-up* era entender de que forma a alteração dos parâmetros tinha influência no resultado e qual o conjunto de parâmetros a adotar de forma a obter o melhor resultado possível, o ótimo. O equipamento em causa é o PPS, da marca Pallman, Figura 32.



Figura 32-Imagem modelo do PALLMAN PPS

A Figura 33 abaixo tem como objetivo representar a introdução do PPS ao sistema. O processo terá um moinho a ser alimentado diretamente da moega (local de abastecimento de material), sendo após trituração no PPS, enviado para os rotex de forma a realizar a distribuição granulométrica. Os materiais que obtiverem uma granulometria acima do desejado, retornarão ao MIM, de forma serem retriturados até à granulometria desejada.

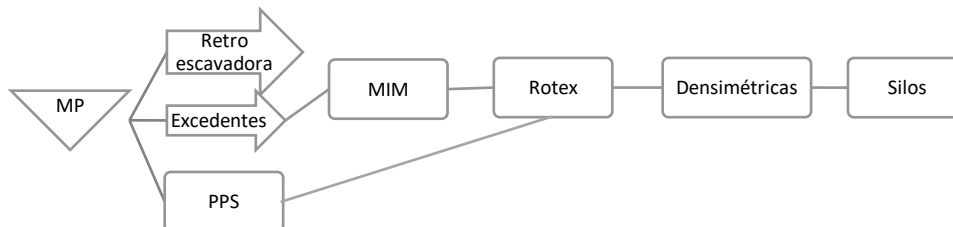


Figura 33- Alteração de processo ao reprocessamento

### 3.3.6 Falta de normalização em tarefas e condutas consideradas chave

Quando não existe uma norma, existe variação. Se não existe um procedimento para realizar ações, principalmente, ações consideradas chave, é expectável que este seja feito de forma diferente consoante o momento ou o operador. Assim sendo, dentro do conjunto de procedimentos que constitui um processo a nível global, alguns destes podem ser considerados prioritários ou críticos. Quer pela sua regularidade, quer pelas consequências da sua não realização, quer pelas vantagens de realizar esse procedimento (entre outros).

O primeiro passo, cujo seu sucessor será a melhoria dos procedimentos estabelecidos, é uniformizar este conjunto de ações, de forma a que seja construído um ponto de partida para a melhoria de cada uma destas. Desta forma também é garantido uma base de conhecimentos essenciais, que garantem que o conhecimento sob a ação ou o processo está acessível e disponível quando necessário. Daí surge a necessidade de criar procedimentos simples, mas explicativos para essas mesmas operações chave.

## 3.4 Propostas de melhoria

A Tabela 9 apresenta os problemas, descritos anteriormente, novamente por cada processo, assim como a solução proposta. No decorrer do presente capítulo, será analisada cada solução a cada um dos problemas identificados anteriormente, pela sequência já anteriormente utilizada.

Tabela 9- Identificação de soluções propostas aos problemas

Processo	Problemas	Solução proposta
Popcork	Falta de conhecimento científico do processo	Investigação e desenvolvimento do processo
	Distância de parâmetros da máquina industrial face à patente	Readaptação do processo
	Dificuldades na parametrização adequada	Desenvolvimento de Testes de expansão
	Baixa definição de metodologias de funcionamento	Criação de metodologias e instruções de operação
PPS	Ramp-up de equipamento novo	Elaboração de metodologia DOE
Standardização de trabalhos	Falta de normalização em tarefas e condutas consideradas chave	Criação de OPL's

### 3.4.1 *Investigação e desenvolvimento do processo*

A cortiça é um produto natural, logo limitado e com características muito específicas, sendo uma delas a sua baixa massa volúmica. Em paralelo, com o avançar tecnológico, específico e técnico de todos os setores, as exigências para com as características são ainda maiores. Existir a capacidade de desenvolver um processo que expande a cortiça, permitindo assim uma menor massa volúmica, permite a cortiça obter ofigura aprimoramento dessa mesma característica. Claro está, quanto menor for a massa volúmica, maior vai ser o seu valor de mercado. Como referido acima, esta matéria-prima é limitada, mas também muito requisitada a nível mundial. Como tal, grande parte da cortiça já é por si, cozida. Ou seja, submetida a um processo de cozedura com água a cerca de 90°C, durante cerca de uma hora. Este processo tem vantagens desde a limpeza da cortiça, à aquisição de uma forma mais plana, mais propícia à exploração industrial, especificamente, para a brocagem de rolhas. Existe também a utilização de vapor, este sobreaquecido, para a criação do que é conhecido como aglomerado negro, presente na Figura 34. Este utiliza cortiça virgem, submetendo-a a vapor a temperaturas de 340°C.



Figura 34- Aglomerado negro retirado de <https://isoldb.com/loja/cortiça/aglomerado-de-cortiça/>

Existe também a utilização de vapor, este sobreaquecido, para a criação do que é conhecido como aglomerado negro. Neste processo, a cortiça sofre uma expansão volumétrica enorme, não sendo necessárias colas sintéticas, já que ocorre uma adesão entre grânulos. No entanto, existe uma grande degradação da cortiça, descendo consideravelmente o seu valor comercial, por ordem da diminuição da espessura da

parede e de uma alteração química importante (Abelson, 1986). Para além disso, o seu nome provém do seu aspeto final, que também prejudica o resultado do processo, como indica a Figura 34. As paredes laterais da cortiça são muito corrugadas (L. J. Gibson, 1996), o que abre potencial de expansão. Além disso, a estrutura fechada das células da cortiça e o seu interior em ar determinam um baixo peso específico assim como algumas propriedades mecânicas da cortiça. O peso específico da cortiça pode, no entanto, apresentar também uma variabilidade muito significativa, entre  $120 \text{ kg/m}^3$  e  $240 \text{ kg/m}^3$  (Caldas, Ferreira, & Borges, 1986). Esta variabilidade está essencialmente relacionada com as dimensões da célula (altura e espessura da parede), corrugações das paredes das células e quantidade de lenticelas. Tal como acontece relativamente às características de cortiça anteriormente referidas, o peso específico do material de cortiça submetido ao processo diminui consideravelmente a sua massa volúmica.

À parte dos processos acima, existe a patente PT104230B, que anuncia ser um processo de expansão da cortiça através de vapor saturado e/ou sobreaquecido. Este mantém as características naturais presentes na matéria prima e não implica qualquer tipo de alteração química. Uma comparação, presente na Figura 35 obtida de um microscópio (700x de ampliação) torna visível a expansão das paredes celulares após submetida a vapor conforme o processo.



Figura 35- Representação macroscópica da célula da cortiça antes e após expansão

Com temperaturas a rondar os  $280\text{-}310^\circ\text{C}$  e com pressão de abastecimento entre os 0,1 a 0,5 bar é injetado vapor de água para câmaras de expansão, onde a cortiça, transportada por sem-fins é depositada. Segundo a metodologia, o tempo de residência da cortiça deve ser entre 0.5 a 5 minutos. Estas câmaras, também por ação de sem-fins descarrega o material, através de eclusas doseadoras de descarga. O pré-aquecimento, das câmaras é feito através de termofluido. Segundo a patente, este processo permite expansões na ordem dos 5-25%. Assuma-se expansão como a taxa de diminuição de massa volúmica. A Figura 36 é representativa do processo. Nesta, o referido como “UA” é a Unidade de Armazenamento da cortiça antes de ser encaminhada para as câmaras de expansão, EU como unidade de expansão e UD como unidade de descarga, local onde é realizada a extração forçada de vapores. Logicamente, a matéria prima segue a sequência de armazenamento, expansão e descarga. Existem ainda outros métodos que foram explorados e estão devidamente documentados e patenteados para expansão de cortiça, representados simplifadamente na Tabela 10.

Tabela 10- Resumo de métodos de expansão de cortiça

Método	Termoquímico	Químico inócuo	Vapor H2O	Micro-ondas
Expansão (máx)	130%	80%	30%	85%
Temperatura	178	130-210	280-320	400 a 800W
Tempo (min)	25	30 a 50	0,5 a 5	0,25 a 2
Pressão (BAR)	3	8 a 10	0,1 a 0,5	
Obs.	MeOH:CH <sub>3</sub> CH <sub>12</sub>	NaOH (1 a 2 g/L)		

Contudo, quer por motivos de custos de instalação demasiado avultados, dificuldades nos tratamentos dos resíduos de produção, ou por impossibilidades tecnológicas para a industrialização, o método escolhido para a expansão é o método de vapor.

É crucial frisar uma informação complementar, a patente especifica de forma pontual que para *broken* com granulometria entre 2 e 40 mm, a pressão deverá ser entre 0,1 a 0,2Bar, com um vapor com temperaturas entre 270 e 320°C, com um tempo de residência de 1 a 2 minutos, permitindo expansões de 7 a 25%. O material referido é precisamente o material que alimenta o Popcork (*broken* de 2 a 40 mm). Podemos então denotar que o processo não se encontra capaz de reestabelecer os parâmetros indicados na patente, que para além de não serem exatos (o que é perceptível tendo em conta a variabilidade do material a tratar), são essenciais para a obtenção de resultados bons e constantes.

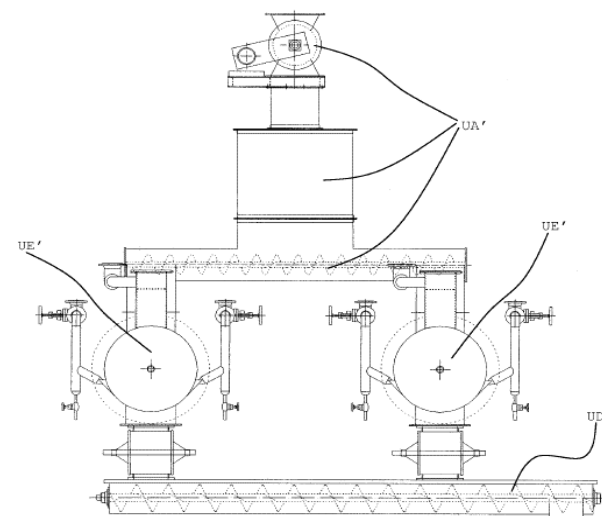


Figura 36- Esquema representativo do processo Popcork

### 3.4.2 Readaptação do processo

Torna-se então essencial perceber quais estão a ser as limitações ou problemas do processo no ponto inicial para que este não seja capaz de atingir os valores atingidos pela patente. Embora que a parametrização mais adequada seja ainda desconhecida até devido à relativamente elevada amplitude dos valores da patente, é importante entender a que se deve esta discrepância. Quer seja devido a um problema de projeção, de manutenção ou de falta de instrução este deve ser analisado e avaliado quanto à sua

relevância no processo. Claro está, as questões de manutenção ou instrução assumem-se tipicamente com um custo e tempo de transformação muito menor. Por essa, tendem a ser as primeiras opções na reposição de processos. É, contudo, importante referir que as características de construção do processo podem limitar à partida o processo.

- **Redes inferiores e sistema de exaustão**

Ao momento, as redes no sistema de exaustão eram fixas, o que dificultava a sua limpeza. A adição de uma calha e a remoção dos parafusos de fixação permite que as redes sejam retiradas, descolmatadas e limpas de forma adequada. Desta forma a exaustão melhora significativamente, traduzindo-se num menor desgaste de componentes, maior eficiência do processo e potencialmente maiores ganhos, devido ao melhor arrefecimento.

- **Redes superiores**

As redes superiores possuem fugas ocasionais, assim como problemas de colmatção. Como resolução imediata, a mudança de junta térmica e limpeza regular dessas mesmas redes, parecem resolver o problema de forma satisfatória. A regularidade é a chave. Contudo, medidas como a criação de uma calha, de forma a reduzir a 0 a distância entre o equipamento e o tampo do mesmo. Contudo, a reposição dos desgastáveis, foi possível, neste ponto, controlar as fugas e obter a condição desejada, apresentada na Figura 37.



Figura 37- Redes superiores do Popcork após limpeza

- **Défice de vapor**
  - Troca de empanques

O sistema é auxiliado em vários pontos por eclusas (ou válvulas de descarga), que possuem material de vedação, no caso empanques. Estes, são responsáveis por garantir o isolamento da eclusa. É natural que com o fator tempo tenha consequências neste tipo de equipamento. Por essa razão, todos os empanques foram substituídos,

garantindo então uma boa vedação das eclusas. Os empanques grafitados também estão presentes no veio do TSF intra-câmara, que também foram substituídos.

- Troca de componentes desgastados

O vapor é comandado no Popcork, através de uma válvula geral de globo redutora (fator 7:1). Após várias tentativas de entender a razão pela qual a pressão de abastecimento de vapor não atingia o *setpoint*, foram estudadas as especificações da válvula. A conclusão interessante foi que esta não realizava o seu curso (40mm) na totalidade. Após intervenção de um técnico especializado, comprovou-se a teoria e o *setpoint* de pressão é agora atingido.

- Troca de eclusa

A eclusa de topo, devido à solidariedade de vapor entre as câmaras de expansão e a tolva (*buffer*) de alimentação, era constantemente submetida a um esforço. Isto porque, servia de ponto de interseção entre o vapor (no sentido ascendente) e a cortiça no sentido descendente. Por essa razão, a eclusa apresentava um desgaste acentuado, o que agrava a temática de fugas de vapor. A Figura 38 demonstra a nova eclusa, assim como a necessidade de folgas mínimas das pás da eclusa rotativa que foi colocada.



Figura 38- Substituição da eclusa do topo

- **Não homogeneidade de parâmetros entre câmaras**

Após a identificação da diferença de temperaturas, surgiram algumas hipóteses que sugerissem tal estar a acontecer:

- O sensor da câmara que apresentava a temperatura constantemente mais alta poderia estar NOK.
- Haver uma maior injeção de vapor para a câmara
- Estar a existir um débito de abastecimento de material.

Como forma de resolução, decidiu-se abrir a tolva de alimentação do Popcork da 1ª Trituração. Tendo em conta que, quando o Popcork não estava a operar, naturalmente as temperaturas das câmaras desciam e alinhavam as suas temperaturas, o que baixa as hipóteses da primeira possível causa. O abastecimento de vapor era dividido e controlado de forma individual por uma válvula. Esta, apresentava o mesmo nível para todas as câmaras, assumindo um abastecimento de vapor uniforme. Assim

sendo, decidiu-se investigar a terceira possível causa, procedendo-se assim à abertura da tolva, Figura 39.



Figura 39- Tolva de alimentação do Popcork

A tolva tinha como objetivo servir de *buffer* e distribuir para as três câmaras, através de TSF, como demonstra a figura abaixo. Este apresenta uma remoção de grande complexidade, pelo que esta só é feita em situações de avaria, com recurso a uma equipa de manutenção. Aquando da abertura e sua análise, foi perceptível que o TSF da câmara 3, estava com a rotação invertida. Isto fazia com que essa câmara de expansão operasse sempre sem material, o que justificava a constante temperatura de saída de vapor dessa câmara.

#### ▪ Teste de variador de frequência

Devido à disposição dos TSF, como é perceptível pela figura acima, o TSF disposto no fundo da tolva, terá de ter uma velocidade inferior ao dois que se apresentam acima. Para tal, recorre-se a um variador de frequência nesse TSF, referido na Figura 40.



Figura 40- Variador de frequência para a tolva de alimentação

Realizou-se então o teste com o abastecimento de vapor cortado e as câmaras de expansão com o topo de cada uma das câmaras aberto. Analisando o nível de enchimento das câmaras, ajustou-se a velocidade mais adequada do variador de frequência de forma a que as três câmaras fossem abastecidas de forma uniforme. O que, claramente, favorece o processo, já que permite uma melhor e mais homogênea distribuição do vapor pela cortiça.

- **Câmara (Velocidade do Transporte sem-fim)**

Aquando do início do estudo do Popcork, a velocidade do transporte sem fim (TSF) responsável pelo transporte da cortiça dentro das câmaras de expansão assumia o valor de 55%. Esta percentagem está diretamente relacionada com as rotações por minuto desse mesmo sem fim. A fim de perceber a explorabilidade deste parâmetro, foi realizado um teste ao qual o Popcork era abastecido de cortiça, mas não de vapor. Desta feita, poderia abrir-se os tampos de forma a perceber como era o enchimento das 3 câmaras (agora com distribuição simétrica) perante a percentagem do TSF. A Figura 41 demonstra uma das câmaras, a operar com o topo aberto e sem vapor, no momento do teste de velocidade do Popcork.



Figura 41- Câmara de expansão do Popcork em posição aberta

Conclui-se que, a 3 câmaras, a velocidade haverá de aguentar velocidade na ordem dos 10%. Só neste ponto é que todas as câmaras e o sem-fim são aproveitados em termos reais e existe um envolvimento do que é a MP. Contudo, logicamente, existem ressalvas a essa explorabilidade, pois deve existir margem no valor a adotar. A utilização de vapor irá aumentar a trepidação do material, assim como um aumento de pressão e da temperatura (uma vez que há maior quantidade de material, há menos volume para o débito de vapor) e conseqüente mais rápida colmatação das redes (quer inferiores, quer superiores). É ainda importante refletir sobre a variabilidade da eficiência do equipamento anterior, pois um aumento desta eficiência, pode corresponder a um maior *output* de produto para o equipamento Popcork.

### 3.4.3 *Desenvolvimento de testes de expansão*

Uma vez que os equipamentos, quer o presente na 3ª trituração, quer o da 1ª trituração, estão preparados para operar com os parâmetros de patente, é importante testar e compreender quais os parâmetros que se traduzem em maior rentabilidade para a entidade, tendo em conta as despesas acarretadas. Para além disso, a análise aos resultados pode ser uma fonte de novas conclusões, obtidas através de, por exemplo, correlações.

### 3.4.3.1 Parametrização do equipamento

Antes de avançar para a o desenvolvimento e realização, é importante referir os fatores ou parâmetros presentes no processo, desses realizar a divisão entre controláveis e não controláveis, observáveis na Tabela 11.

Tabela 11- Parâmetros Popcork

Parâmetros controláveis	Parâmetros não controláveis
Temperatura de vapor	Humidade da matéria-prima
Pressão de abastecimento de vapor	Massa volúmica da matéria-prima
Tempo de exposição da cortiça	
Temperatura das câmaras	

Devido ao processo em causa e à inter-relação entre parâmetros, as experiências seguirão uma lógica OFAT (um fator alternadamente). Desta forma, será possível identificar o efeito da alteração de cada um destes, assim como se torna mais acessível a sua análise. Isto porque, as readaptações de processo analisadas nos subcapítulos anteriores do presente capítulo, são demoradas e carecem de prudência (quer por uma questão de custos, recursos ou disponibilidade da unidade produtiva). Tendo em conta o acima referido, a busca irá seguir a seguinte ordem de parâmetros, referidos na Tabela 12.

Tabela 12-Parametros principais ao processo Popcork

Parâmetro principal	Descrição
<b>Temperatura do vapor</b>	A temperatura é a característica do vapor que permite o dilatamento das paredes da cortiça, e por isso a sua expansão. O valor da patente de cerca de 320°C foi finalmente conseguido após várias dificuldades, com a ajuda do sobreaquecedor.
<b>Pressão de abastecimento do vapor</b>	A pressão inicial era de cerca de 60mbar. Após várias retificações no equipamento e alterações, chegou-se ao valor de 140mbar. De momento, a pressão de operação é de 200mbar ou 0,2 bar, que aparenta apresentar resultados e vai de encontro ao intervalo de valores da patente.
<b>Câmara (Velocidade do Transporte sem-fim)</b>	A velocidade do TSF intra-CEX (Câmara de expansão) interfere enormemente no que é o tempo de exposição da MP ao vapor e à temperatura. Este parâmetro já tenha sido estudado e alterado para efeitos de teste, correspondendo o valor de 25% a um tempo de residência de cerca de 1 minuto.
<b>Temperatura das câmaras</b>	A temperatura das câmaras é um parâmetro de controlo, medido junto ao coletor de escape de cada câmara, indica a temperatura de saída do vapor.

Os equipamentos complementares, considerados secundários, apresentam-se evidenciados na Tabela 13.

Tabela 13- Parâmetros complementares ao processo Popcork

Equipamento complementares	Descrição
Sobreaquecedor	O Sobreaquecedor tem como objetivo aumentar a temperatura do vapor. Isto permite que o estudo de vapor seja controlado a nível da sua temperatura, sem depender da correlação com a pressão, típico de um vapor saturado. É um equipamento complementar, no sentido em que auxilia o parâmetro que é a temperatura do vapor.
Passador de escape	Este ajuste limita/liberta a passagem de escape, servindo de ajuste ao longo de todos os parâmetros até agora descritos. Serve de controlo de vapor a nível de fugas/ restante escapes. Considere-se um parâmetro complementar, já que o seu efeito afeta o sistema pois tem consequências diretas nos parâmetros principais, desde que as fugas assim o permitam.

#### 3.4.3.2 Procedimento

O procedimento de teste é igual para ambos os equipamentos Popcork. A recolha é feita nos pontos a definir para cada teste. O teste habitual assume os dois primeiros pontos de recolha abaixo referidos. Retira-se as amostras desfasadas pelo tempo recolhido pelo teste de tempos. Como forma de estimar o tempo de processo entre os pontos de recolha, recorreu-se a um conjunto de cronometragens, onde se chegou a conclusão de que para a velocidade de sem fim nas câmaras de expansão de 55%, o tempo médio é de  $1,17 \pm 21$  minutos (ver apêndice I). As amostras são recolhidas para um recipiente e analisadas em copo volumétrico de 20 litros, sendo descarregadas do saco para o copo, medindo a massa nesses 20l. Realizam-se 3 medições como esta para cada amostra. No caso de algum valor das 3 medições apresentar um desvio de cerca de >10%, realiza-se uma quarta medição. Como forma de diminuir o tempo despendido para realizar o teste, poderão ser realizadas somente 2 medições e então uma terceira no caso de um desvio considerável, como referido acima. O desvio médio é de 2%, o que permite recolhas fidedignas (ver apêndice II). Após, é recolhida uma amostra de cada copo, de forma a levar à estufa por 4h, com a finalidade de saber a humidade. Esta é importante de forma a realizar a correção de humidade a ambas as massas volúmicas que as medições apresentaram. A correção é feita a 14% de humidade. O quociente da diferença de PEC (peso específico corrigido) final pelo PEC inicial, representa a expansão. Após alguns testes decidiu-se anexar os parâmetros.

Em relação aos pontos de recolha, estes serão à saída da balança pré-Popcork e na cavidade à saída do Popcork. No que toca à matéria-prima, os testes de carácter mais aferitivo devem sempre ser feitos com MP isolada, de forma a diminuir os erros associados ao teste, tais como desfasamento de tempo entre as câmaras e o próprio processo, assim como a não constante homogeneidade da MP, entre outros. Contudo,

como o processo mais recorrente de trituração opera com misturas de matérias-primas, serão realizados testes a esse mesmo *mix*, de forma a entender a afetação no processo mais recorrente. Desta forma, outra vantagem é a não existência de perturbações ao processo produtivo. É importante garantir uma boa eficiência do Popcork, mas garantir que esses efeitos não são anulados ou dissolvidos a longo do processo.

### 3.4.3.3 Primeira fase de testes

A apresentação dos testes realizados será dividida por cada equipamento, neste caso dois. É de realçar que os primeiros testes, em específico, realizados no Popcork da 1ª trituração, tiveram como objetivo testar a máquina no seu ponto inicial (momento inicial de análise). Os testes, logicamente, são a forma de quantificar a eficiência do equipamento, mas também monitorizar os efeitos da evolução. A identificação para cada teste segue a lógica de número da trituração e de seguida o número do teste.

Aquando dos registos e da realização dos testes, foram realizadas anotações aos parâmetros do equipamento, de forma a enriquecer o momento de análise. A Tabela 14 demonstra, de forma simplificada, os testes de expansão por ordem cronológica.

Tabela 14- Resumo de testes Popcork na 1ª Trituração

<b>Número da experiência</b>	<b>Expansão</b>
1_1	<b>3,2%</b>
1_2	<b>0,7%</b>
1_3	<b>8,1%</b>
1_4	<b>12,7%</b>
1_5	<b>8,4%</b>
1_6	<b>14,3%</b>
1_7	<b>16,3%</b>
1_8	<b>21,6%</b>
1_9	<b>10,5%</b>
1_10	<b>12,4%</b>
1_11	<b>17,1%</b>

A Figura 42 apresenta a evolução dos registos de expansão ao longo do tempo. É importante referir que, para além da variabilidade dos resultados por consequência dos parâmetros não controláveis, também ao longo do tempo, foram alterados parâmetros, para efeitos de teste. Estas duas justificam a não linearidade crescente dos resultados do teste. Contudo, é notório uma evolução geral, uma vez que a expansão demonstra tendência positiva. Por isso, demonstra que a evolução de desempenho tem vindo a aumentar, fruto da readaptação do processo e do restabelecimento dos parâmetros recomendados. Era importante que este conjunto de ações fosse acompanhada por uma lógica crescente de resultados, o que se verificou.

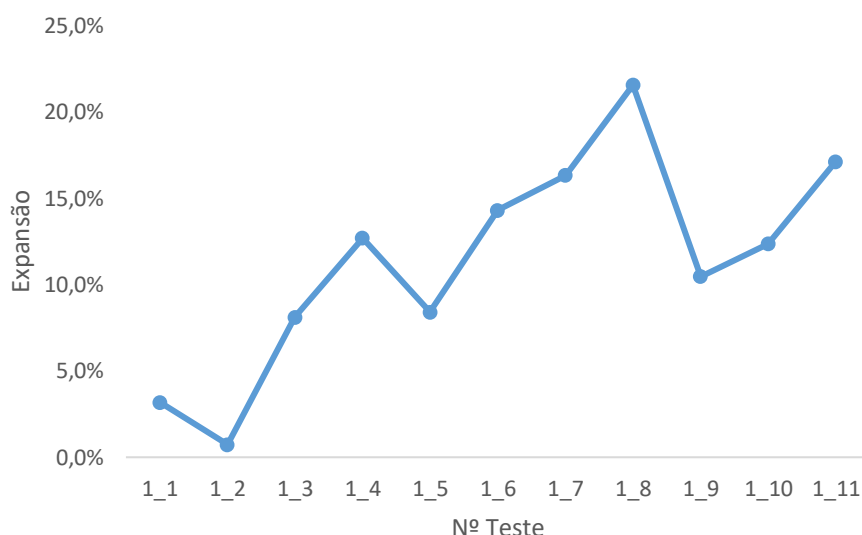


Figura 42-Evolução da expansão no Popcork na 1ª Trituração

#### 3.4.3.4 Análise de primeira fase de testes

Para além de uma tendência crescente, sentiu-se a necessidade de analisar as correlações entre os parâmetros de entrada e o *output* (expansão). Para tal, foi utilizada a ferramenta estatística Minitab, tendo sido obtidos os resultados apresentados na Tabela 15.

Tabela 15- Correlações entre *input* e *output* no Popcork (1ª fase)

Parâmetros	Correlação	IC de 95% para $\rho$	Valor-p
Pressão	0,695	(0,163; 0,914)	0,018
Tempº. saída	0,134	(-0,506; 0,680)	0,693
Tempº. câmaras	0,008	(-0,594; 0,605)	0,980
Velocidade TSF	-0,692	(-0,913; -0,157)	0,018
Humidade I.	-0,709	(-0,918; -0,190)	0,015
P.E.C. I.	0,260	(-0,402; 0,744)	0,440

Existem correlações elevadas, nomeadamente a humidade inicial (-0,709; 0,015), a velocidade TSF (-0,692; 0,018) e a pressão (0,695; 0,018), sendo que a maior é a correlação com a humidade inicial. Ou seja, pelos ensaios realizados, a expansão depende, entre outros, porém em maior grau, da humidade inicial, o que é um parâmetro não controlável e característica do *input*. O gráfico das correlações pode ser visto no apêndice III. O método de correlação utilizado foi o método de *Pearson*. Tendo em consideração que o teste foi realizado com um intervalo de confiança de 95%, assumem-se estatisticamente significativas correlações com o p-value <0,05 (5%). A Figura 43 demonstra a relação entre a expansão e a humidade inicial. Estes possuem uma relação inversa, em que a amostra com humidade inicial menor tem uma elevada tendência a levar a uma maior expansão. O gráfico de dispersão apresenta pouco ruído, levando a crer a existência de uma grande dependência do *input*, humidade inicial.

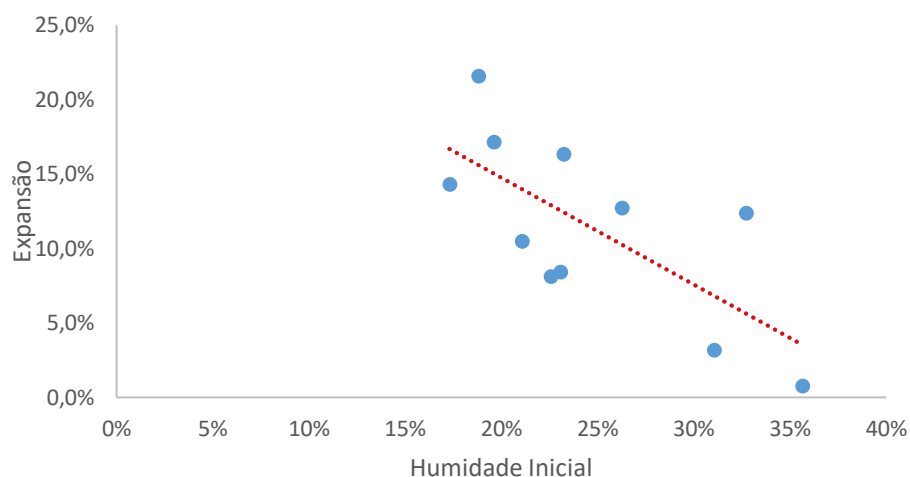


Figura 43-Relação entre expansão e humidade inicial realizados no Popcork

Torna-se assim inegável a influência dos parâmetros não controláveis (inertes à MP) no que são os resultados de expansão. Se os parâmetros não controláveis influenciam de forma irrefutável os resultados da expansão, estes devem ser eliminados ou reduzidos de forma acentuada, para que seja possível sentir o efeito dos parâmetros controláveis.

#### 3.4.3.5 Primeira fase de testes com parâmetros de patente

Após o restabelecimento de condições em ambos os equipamentos, a parametrização já não sofria limitações, sendo que se poderia então estabelecer parâmetros de patente e realizar teste nessas condições. Na Tabela 16 são apresentados, também de forma simplificada, os testes realizados na 3ª Trituração.

Estes testes, à partida já possuem parametrizações mais adequadas, falhas corrigidas ao longo do processo de reposição, tais como fugas, restabelecimento de pressões e todas as outras questões associadas e abordadas no subcapítulo anterior. Considere-se então, um processo mais capaz e estável. Para além de testar o equipamento, tornou-se importante investigar a correlação entre a humidade inicial e a expansão. Para isso, foram fixados os parâmetros do equipamento, analisando a capacidade de expansão para diferentes matérias primas e em diferentes estados, de forma a obter *inputs* de humidade inicial com um *range* alargado.

Tabela 16-Resumo de testes Popcork na 3ª Trituração

Nºexp.	Pressão	Tempº. saída	Velocidade TSF	Expansão
3_1	0,19	301	40	<b>11%</b>
3_2	0,19	308	25	<b>5%</b>
3_3	0,20	304	25	<b>7%</b>
3_4	0,20	304	25	<b>8%</b>

3_5	0,20	315	25	<b>35%</b>
3_6	0,21	308	25	<b>35%</b>
3_7	0,19	312	25	<b>36%</b>
3_8	0,20	301	25	<b>7%</b>
3_9	0,20	312	25	<b>21%</b>
3_10	0,19	311	25	<b>24%</b>
3_11	0,20	318,5	25	<b>30%</b>

É ainda importante referir, tal como no conjunto de testes anteriores, também estes estão sujeitos a efeitos não controláveis. Exemplificando, o teste 3\_5, 3\_6 e 3\_7 possuem a mesma parametrização, sendo que os três primeiros correspondem a Refugo, um material rico em teor de cortiça. Ao passo que o teste 3\_8 corresponde à costa, como única matéria prima sujeita a teste. Este conjunto reforçou a importância dos fatores não controláveis, por outras palavras, a dependência entre o tipo de material e a sua expansão. A representação da Figura 44 demonstra a evolução dos primeiros ensaios realizados.



Figura 44-Evolução da expansão no Popcork na 3ª Trituração

Apesar de existir, para a mesma parametrização controlada, diversos resultados e de grande variação, é importante frisar a obtenção de resultados na casa dos 35%. Tal resultado, tão expressivo demonstra uma clara e significativa evolução do desempenho do equipamento. Contudo, o gráfico também evidencia a grande variabilidade de resultados obtidos, para a mesma parametrização do equipamento (ao longo de todos os testes). Contudo, também é crucial analisar o material e interpretar o resultado. A cortiça é distinguida entre ela pela sua humidade e massa volúmica. Tal, contudo, não pressupõe que duas amostras de cortiça diferente, tendo a mesma massa volúmica e humidade, tenham características iguais, ou que resulte numa expansão ao mesmo nível. Exemplificando, a costa é um material, para além de mais húmido, menos rico em cortiça. Isto porque possui uma quantidade relevante de terra (com uma massa volúmica muito superior à da cortiça (cerca de 500 kg/m<sup>3</sup>), o que interfere no teste de expansão. Para além disso, é costa, ou seja, possui o casco do sobreiro, que logicamente, não expande. Ou seja, uma parte substancial desta matéria prima não é cortiça, o que

prejudica a expansão desta matéria e afeta o resultado real da expansão. Um exemplo deste efeito é apresentado a seguir. De tomar atenção que este exemplo só separa a costa da terra, sendo a costa constituída cortiça e casco. Como é possível aferir pela Tabela 17, assumindo a seguinte distribuição é possível perceber o desvio entre expansão aparente e real.

Tabela 17- Exemplo de análise à MP Costa

Material	Massa Volúmica (kg/m <sup>3</sup> )	Distribuição (% volume)
Cortiça	75	87
Terra	499	13

Como é observável pela Tabela 18, um volume de 13% de terras, presente numa amostra com cortiça de 75 kg/m<sup>3</sup>, transforma o que é uma expansão aparente de 10%, em 20%.

Tabela 18- Comparação de expansão aparente e real com MP sendo apra de costa

<b>Expansão aparente</b>	10,00%
<b>Expansão real</b>	19,94%

Este exemplo permite a conclusão de que o material com menor teor de cortiça é um material menos interessante para realizar os testes de expansão. Isto porque, mais uma vez leva a resultados deflacionados comparados com o que é a realidade da expansão da cortiça presente na amostra. Ao passo que material como o refugo e apra de virgem (maior teor de cortiça) possuem um valor de expansão mais fidedigna. O momento inicial considera o teste 11 ao teste 15, cuja expansão média é de 6,6 %. Este, opera com os parâmetros como pressão e temperaturas fora do validado pela patente, pelo que a expansão se situa na casa do valor mínimo de expansão definido pela patente.

Após a reposição dos valores considerados, os valores subiram consideravelmente, chegando a atingir valores de 35% de expansão. Contudo, foi sentida uma grande variabilidade na expansão consoante as características do material. Tendo em conta isso, analisou-se a correlação entre a expansão e os parâmetros, quer da matéria-prima, quer do equipamento. De forma a elaborar uma análise de correlações mais rica em dados, a análise é feita aos dois conjuntos de testes, realizando então uma análise de correlação de *Pearson* através do programa estatístico *Minitab* (Tabela 19).

Tabela 19- Correlações entre *input* e *output* em condições de parâmetros de patente (2ªfase)

Parâmetro	Correlação	IC de 95% para p	Valor-p
P.E.C. I.	-0,889	(-0,971; -0,619)	0,000
Humidade I.	-0,941	(-0,985; -0,784)	0,000

A confirmação da grande dependência entre o *output* e a humidade inicial verifica-se na realização destes testes. Como não existiram alterações dos parâmetros controláveis, não faria sentido analisar estes mesmos. Contudo, mantém-se o sentido de confirmar a relação com a humidade inicial, presente na Tabela 19. Uma correlação de -0,94 é uma correlação de um grau bastante elevado, devendo por isso, pelo menos ser investigado e aprofundado devidamente. A correlação com o peso específico é justificada, em

grande parte, pelo assunto de teor de cortiça por teor de MP apresentado antes. Quanto maior for o P.E.C.I., há uma grande tendência a que esta MP tenha menor teor de cortiça. A representação gráfica das correlações acima descritas é apresentada no Figura 45.

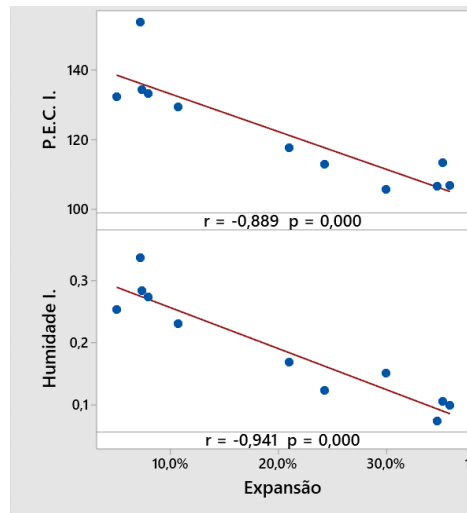


Figura 45-Correlações entre input e output em condições de parâmetros de patente

É importante a noção de que o valor de expansão apresenta então uma grande variabilidade consoante o conjunto de parâmetros não ajustáveis e dependentes da matéria-prima. As correlações, na sua íntegra, encontram-se no Apêndice III.

#### 3.4.3.6 Segunda fase de testes

Uma vez mostrada a grande correlação entre os valores de expansão e os valores de matéria-prima, sabe-se então que os valores de expansão são em grande parte interferidos pelas características do material a ser exposto ao vapor. Isso indica, que os diferentes testes realizados não possuem correlação muito forte com os parâmetros do equipamento, pois os seus resultados estão a ser fortemente influenciados pelas características a matéria prima. Tendo em conta isto, os testes deverão ser realizados e analisados para cada MP de forma isolada. Com isto, diminui-se consideravelmente o ruído provocado pelos fatores não controláveis. A MP escolhida para esse efeito foi a apara de virgem, por ser um material de baixa MV e baixa humidade, que pelas correlações e até pelos testes 3\_6, 3\_7 e 3\_8 demonstraram grande capacidade de expansão.

A segunda fase de testes como indicado acima, será realizada com os seguintes objetivos:

1. Realizar ensaios isolados a diferentes MP com diferentes humidades e entender se a correlação se verifica
2. Entender a reação à expansão da mesma MP quando cozida ou crua com baixo e alto teor de humidade;
3. Estudar de forma mais eficaz os parâmetros controláveis presentes no equipamento;
4. Associar os valores de expansão ao consumo de gás.

Estes serão testados alternando parâmetros dentro do que sabemos que é uma faixa que tende a levar a bons resultados de expansão, seguindo a mesma lógica de OFAT. Os testes, para além de possuírem o típico registo de medição tripla (ou dupla em caso de *sprints*), serão duplicados, de forma a diminuir o erro e permitir conclusões mais fidedignas. De forma a aferir o efeito dos parâmetros da pressão e do sobreaquecedor, elaborou-se o seguinte conjunto de testes, apresentados na Tabela 20.

Tabela 20- Teste de temperatura de vapor da 2ª fase de testes

Teste	Pressão	Sobreaquecedor	Temperatura
1451	0,2	Sim	320
1452	0,1	Sim	270
1453	0,2	Não	170

Entender a influência dos parâmetros é crucial de forma a conseguir parametrizar o equipamento, otimizando a relação entre a produção e o consumo deste. Os testes efetuados, em condições especiais capazes de reduzir imensamente o ruído provocado pela matéria prima, apresentam algumas conclusões interessantes para além do próprio valor expressivo de expansão. Aquando uma temperatura maior, o vapor assume características menos húmidas, levando a uma devesas significativa saída de vapores. Olhando para os resultados, o nível de expansão é significativamente mais alto (mais de 210%) com a utilização do sobreaquecedor, mantendo a pressão estável. No teste com diminuição de pressão para 0,1 Bar, a descida de expansão não é tão significativa, descendo cerca de 20% no que toca a expansão. Esta série de testes demonstra a clara importância do fator temperatura no que toca ao abastecimento de vapor. Apesar da diferença ser pequena, quando extrapolado para os valores de consumo industriais presente na organização, uma pequena diferença terá resultados financeiros consideráveis, face às dezenas de toneladas trituradas por dia. Serve de jeito de conclusão para a necessidade utilizar o sobreaquecedor associado ao Popcork. Uma outra constatação, presente na Tabela 21 devesas interessante é a diferença de gradiente de humidades. Nos dois primeiros testes, a humidade desceu cerca de 30%, a passo que o último teste subiu na casa dos 20%. Isto deve-se ao facto de o teste ter sido realizado com uma temperatura de vapor sobreaquecido inferior e por consequência mais húmido.

Tabela 21-Continuação dos resultados de 2ª fase de testes

Teste	Humidade inicial	Humidade final	Temperatura	Expansão	Acréscimo
1451	15,0%	9,5%	320	30,0	113%
1452	14,6%	10,9%	270	24,4	73%
1453	16,6%	19,0%	170	14,1	-

No processo de transferência e calor, existe a tendência ao equilíbrio. O vapor ao ser mais húmido, vai ter mais tendência a ceder a humidade do meio circundante, obtendo menor energia interna específica para o processo de expansão. Com um vapor mais seco, há maior tendência a recuperar humidade, caso exista no meio circundante (no caso, cortiça). Quanto maior for a humidade da cortiça, maior é a tendência a haver

elevado gradiente de humidade entre a cortiça e o vapor, logo maior é a energia despendida para essa transferência, deixando menos energia para a expansão, representado na Figura 46.

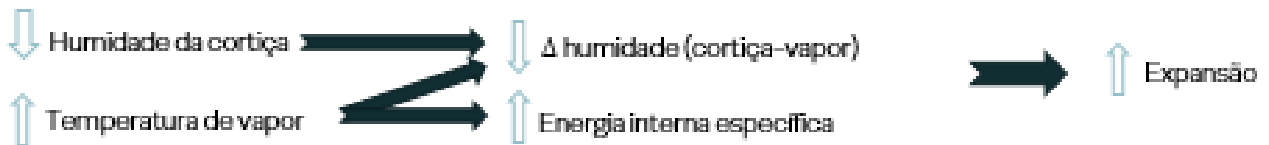


Figura 46-Iteração entre cortiça e o vapor sobreaquecido

Quando determinado produto é exposto à humidade, ele tem tendência para ajustar a sua própria humidade até estar em equilíbrio com o meio. Isto explica que a maior correlação encontrada tenha sido com a humidade, pois quanto maior esta, menor energia existia disponível para a expansão. Em paralelo, surge a hipótese de resultados mais expressivos caso a cortiça fosse abastecida a menor teor de humidade, o que sugere as vantagens da inserção de um secador a montante do Popcork, ao invés de a jusante tal como é o presente estado do processo. De uma forma sucinta, a Energia interna específica do vapor é utilizada para a expansão, contudo ao ser utilizada para trocas de humidades, esse vapor perderá energia para a expansão, como é constatável na equação 1.

Energia interna específica de vapor = E. para expansão + E. para troca de humidades **(Equação1)**

Por isso, conclui-se que o vapor a maior temperatura, isto é, com a utilização do sobreaquecedor, é benéfico para a expansão do material. Tal porque será um vapor mais energético e com maior capacidade de expansão, principalmente se o consumível tiver também pouca humidade. Para além disso, o parâmetro passador de escape. Este, aquando do teste 1452 (a menor pressão), foi regulado. Isto porque se existe menos vapor a entrar, o escape também pode ser reduzido, de forma a compatibilizar a redução de débito de vapor. Resta então analisar o parâmetro velocidade (tempo de exposição) e o seu valor de expansão. Como forma de confirmação, a utilização de sobreaquecedor foi testada também no Popcork da 1ª Trituração, com a mesma matéria prima (ver Tabela 22).

Tabela 22- Ensaio com parâmetros ajustados no Popcork da 1ª Trituração

Teste	Humidade inicial	Humidade final	Temperatura	Expansão	Acréscimo
1551	14,4%	13,7%	221	5,2	-
1552	19,3%	13,8%	303	11,7	125 %

Apesar do resultado, à partida, ter um resultado menor do que o que poderia ser esperado, aquando da utilização de vapor sobreaquecido à entrada do Popcork, o valor de expansão mais do que duplicou, evolução semelhante ao teste realizado na 3ª trituração.

Agora que se aferiu que a temperatura é um parâmetro de extrema importância ao que é a expansão do Popcork, é crucial entender como varia a expansão com o parâmetro

de tempo de exposição da cortiça ao vapor sobreaquecido. Este parâmetro é controlado pela velocidade do transporte sem fim (presente no interior de cada uma das câmaras). Para isso, foram realizados os seguintes ensaios com o material de refugo, presentes na Tabela 23.

Tabela 23- Testes de velocidade

Teste	Humidade final	Velocidade	Temperatura	Expansão
1951	5,2	25	315	28,0
1952	9,8	50	330	28,0
1953	3,8	15	325	24,1

Apesar de a alteração de velocidades não apresentar alterações significativas no valor de expansão, há um conjunto de observações importantes. Primeiramente, os testes 1951 e 1952, apesar de obterem o mesmo valor de expansão, há uma diferença no valor de humidade final, sendo esta menor no teste 1951, o que beneficia a eficiência energética do secador (já que pode estar a uma menor temperatura). Por outro lado, o teste 1953 apresentou parte do material com ligeira combustão aparente, a nível visual, apesar de o seu interior estar em condições normais. O efeito do demasiado tempo de exposição pode ser visto na Figura 47. Tal efeito, que parece uma primeira fase do aglomerado negro, não é desejado pois altera substancialmente o seu aspeto visual.

Assim sendo, considera-se que mantendo a lógica dos outros parâmetros, o valor de velocidade é desajustado. Tal não significa, que com este valor de velocidade e que com o reajuste dos testantes, a situação se reverifique. Contudo, dada a importância temperatura, considera-se que das 3 velocidades testadas, o valor mais adequado, dos testados, é de 25%. Assumindo os parâmetros estudados até ao momento como parâmetros de referência, é importante ter uma perspetiva crítica sobre o rendimento energético. Apesar de os parâmetros conseguirem reproduzir parâmetros bastante positivos, o consumo de gás é elevado. Se existisse um conjunto de parâmetros que permitisse reduzir o consumo de gás, poderia ser mais rentável, mesmo que a expansão tão fosse de ordem tão elevada. O consumo de gás é resultante do funcionamento do sobreaquecedor. Este, logicamente, sobreaquece o vapor. Por isso, o seu consumo depende de:

- Quantidade (pressão) de vapor a aquecer;
- Temperatura a aquecer o vapor;
- Temperatura do gás e vapor à entrada do sobreaquecedor.

Tal conjunto de dependências sugere que caso uma redução de pressão não seja sentida, em termos de expansão, tentando ser recompensada com um ligeiro maior tempo de exposição, desde que se mantenha a temperatura considerada referência. O novo conjunto de parâmetros a ser testados reduzirá então para metade o valor de pressão para um menor consumo de gás, assim como menor consumo de vapor de água. Esses testes encontram-se apresentados na Tabela 24.

Tabela 24- Apresentação teste de economia

Parâmetros	Pressão	Velocidade	Temperatura
Ajustados	0,2	25	320
ECO	0,12	17	320

Para surpresa de resultados, assumindo um pequeno erro como é lógico, nos testes, ambas as escolhas de parâmetros reproduziram expansões bastante positivas, no caso dos 26 a 28%. A redução da quantidade de vapor, para além de ser bastante benéfica a nível energético (quer na quantidade de vapor, quer na quantidade de gás), não apresentou diferenças estatisticamente significativa, para o material de referência (apara de virgem). Mais uma vez, reforça a importância do efeito temperatura, quando conjugado corretamente com os restantes. Esta diferença de parâmetros deve ser reconfirmada, contudo é levada com grande atenção devido às suas vantagens. A reconfirmação foi realizada, sendo assim a média dos resultados, visível na Tabela 25.

Tabela 25- Resultados de teste de economia

Parâmetros	Expansão	Expansão média	Acréscimo (%)	Gás (m <sup>3</sup> )
Ajustados	30,4	28,4	-	15,4
ECO	22,7	25,5	10,2	12,2

As expansões com os parâmetros ECO produzem resultados menos expressivos, embora com diferenças que não são de grande ordem. Apesar desta desvantagem, possui a vantagem de ser mais interessante economicamente. Logicamente, quanto maior for o potencial de expansão da matéria-prima (baixo teor de humidade e elevado teor de cortiça), maior esta diferença se fará sentir. Se dez por cento de uma expansão são três pontos percentuais, para um material com menor valor de potencial de expansão, estes dez por cento serão à volta do valor de um ou dois pontos percentuais, o que justificaria a poupança de custos energéticos e a não sobrecarga dos recursos energéticos da empresa. Não obstante que para materiais com grande potencial (como o refugo ou a apara de virgem) se justifique a injeção de uma maior quantidade de vapor, contudo a fixação de velocidade em 20% não parece prejudicar o processo em qualquer aspeto. Foi também realizado um conjunto de testes com o objetivo de conhecer a iteração da cortiça com o vapor a maior temperatura. A Tabela 26 apresenta o resumo desses.

Tabela 26- Apresentação de testes a maior temperatura

Parâmetros	Pressão	Velocidade	Temperatura
Ajustados	0,2	25	320
Temp <sup>o</sup> . máx.	0,2	20	340

O teste de expansão com a temperatura a 340°C não chegou a ser realizado, pois o material apresentava contaminação à semelhança do teste com velocidade reduzida. Novamente, o material adquiria tonalidade exterior escura, indesejada para o aspeto visual da cortiça, sendo considerado, à semelhança do caso anterior, um conjunto de parâmetros não desejável. O aspeto do *broken* pode ser visto na Figura 47.



Figura 47-Efeito da sobret temperatura no processo Popcork

Após a maior noção da afetação dos parâmetros controláveis referentes ao equipamento, é importante também estudar melhor de que forma as diferentes características da matéria-prima afetam o resultado. Com esse objetivo, foi isolada uma grande amostra de uma única matéria-prima. Dessa amostra, parte foi enviada para o processo subcontratado de cozedura e parte foi testada (Apara crua). Da parte que foi cozida, parte foi alimentada após a cozedura (Apara cozida) e parte foi deixada a secar cerca de uma semana de forma a diminuir a sua humidade. Desta forma, os resultados apresentados na Tabela 27 são conseguidos com a fixação dos parâmetros, assim como da matéria prima, literalmente, em estados diferentes. É um teste com o intuito óbvio de perceber de que forma diferentes estados, alteram diretamente a expansão.

Tabela 27 - Teste mesma MP em 3 estados

Material	Apara crua	Apara cozida	Apara cozida seca
<b>Expansão</b>	<b>32%</b>	<b>16%</b>	<b>26%</b>
Humidade inicial	8,7%	19,8%	17,2%
Humidade final	5,8%	15,2%	17,2%

Como forma de conclusão do presente capítulo, é importante referir que para além de explorar maiormente a capacidade do equipamento, as alterações realizadas aos parâmetros serão sentidas em maior grau. Sendo assim, foram definidos os parâmetros ajustados. É importante frisar os resultados evidenciados na Tabela 28. O aumento de 480% no que são os resultados de expansão, é um aumento bastante expressivo e que não deve ser descorado. Apesar de ser importante garantir que existe um mantimento destes resultados, no caso de expansão, ao longo do processo, é também importante numa primeira fase garantir que o equipamento de forma isolada cumpre com o seu objetivo. Todos os testes encontram-se apresentados no apêndice IV.

Para além da substancial diferença entre os resultados obtidos com os parâmetros ajustados e os iniciais, é importante referir que mesmo em relação ao que é o intervalo de expansão referido pela patente, o resultado é maior do que o seu máximo, cerca de

40% de acréscimo em relação ao teto máximo. Tal pode-se dever, entre outras coisas por exemplo, à matéria-prima utilizada para a realização destes mesmos ensaios ou às suas condições. Pode-se tomar como garantido que a nova parametrização é capaz de uma expansão bastante maior, o que é de enorme importância tendo em conta que é um recurso natural, por isso finito e porque reforça um dos seus principais argumentos, a baixa massa volúmica.

Tabela 28 Resumo de parâmetros Popcork

Parâmetros	Pressão	Velocidade	Temperatura	Expansão	Acréscimo em relação a
Iniciais	0,04	60	240	6%	480%
Patente	0,1-0,5	-	280-310	7%-25%	40%
Ajustados	0,20	25	320	35%	-

#### 3.4.4 Criação de Metodologias de funcionamento

Estas são as metodologias periódicas de limpeza, por parte do componente, a realizar de forma a garantir um bom funcionamento, menor desgaste da máquina e maior rentabilidade económica. Este conjunto de metodologias dividir-se-á em metodologias de carácter de correto e adequado funcionamento do equipamento e em manutenção de componentes do equipamento. A primeira subentende o conjunto de práticas a serem implementadas (algumas com carácter diário, mas todas com periodicidade) no que toca a limpeza, conservação e adequação de cada parte do equipamento. A correta e contínua limpeza, inspeção e acompanhamento de certas partes do equipamento revelaram-se chave no bom funcionamento do equipamento e a sua consequente expressão no que são os resultados de expansão da cortiça. A segunda parte subentende que, à semelhança de qualquer equipamento, mas com especial ênfase, o Popcork deve existir um plano específico de manutenção preventiva. Este, devido ao elevado esforço que submete aos componentes deve ser levada com especial atenção. Devido a questões como a existência de pressões, vapor a altas temperaturas, quantidade de pó criado, a adequação dos materiais a serem utilizados e a sua alteração periódica de componentes é essencial ao bom e regular funcionamento do Popcork, com principal incidência para os componentes desgastáveis. Para além destes, a adequada inspeção a outros componentes chave do processo ajuda a manter o funcionamento correto do equipamento, visível na Figura 48.



Figura 48- Sequência de ações para a criação de metodologias

Das metodologias criadas ao longo do projeto, destacam-se a criação de ferramentas, entre as quais a substituição das redes fixas por dois kits de redes-gaveta e vassoura/carrinho de limpeza. Para além disso, foram definidas metodologias de limpeza que se encontram descritas Tabela 29.

Tabela 29- Definição de metodologias em função do equipamento (parte I)

Componente	Metodologia
<b>Escape</b>	Acéder às aberturas ao longo do escape, dos pisos superiores para os inferiores e utilizar a máquina para fazer limpeza ao escape e coletores. Só depois limpar as redes superiores.
<b>Grelhas superiores</b>	Abrir os tampos das CEX, retirar as grelhas. Utilizar máquina de pressão a água para retirar a sujidade. Só realizar após limpeza do escape. Aproveitar momento para verificar o estado do coletor após limpeza do escape. Se este estiver obstruído, utilizar a máquina de pressão a água.
<b>Exaustão forçada</b>	Alcançar as aberturas ao longo da exaustão, do ventilador até às redes e utilizar a máquina para fazer limpeza ao escape e coletores. Só depois limpar TSF. Será vantajoso retirar as redes inferiores aquando desta limpeza, de forma a não as colmatar desnecessariamente.
<b>TSF/ Redes inferiores</b>	No início de cada turno, o operador deve pegar no carrinho (onde se encontra a escova de aço e martelo de borracha), impactar ligeiramente a ote para que os resíduos na parede tubular caiam. De seguida, retirar a rede pelas pegas. Despejar o conteúdo para o carrinho e escovar a rede com a escova de aço. Voltar a colocar a rede. Caso as pegas estejam quentes, poderão ser adicionadas pegas/luas ao carrinho.

A Tabela 30 refere e especifica a periodicidade, os materiais de limpeza, a quem se dirigem, assim como se existirá ou não a criação de OPL.

Tabela 30- Definição de metodologias em função do equipamento (parte II)

Componente	Escape	Grelhas superiores	Exaustão forçada	TSF/ Redes inferiores
<b>Periodicidade</b>	15 em 15 dias em paragens			Início de turno
<b>Materiais de limpeza</b>	Máquina de pressão a água			Escova de aço, martelo de borracha e carrinho basculante
<b>Direcionado a</b>	Entidade externa			Operador da pré/operador do MDT
<b>OPL futura</b>	Não (ação feita no passado)			Sim

#### 3.4.5 Ramp-up de equipamento novo

Uma outra necessidade sentida pela zona de acolhimento foi a de realizar o *ramp up* ao moinho “PPS”. O moinho pertence à família de moinhos de facas, contudo compreende algumas diferenças importantes. O moinho comumente utilizado para a quebra de cortiça em estado *broken* é um moinho com um *modo operandis* representado na Figura

49, do lado esquerdo. Este possui um motor acoplado ao conjunto de facas, estando o crivo fixo. A principal diferença entre estes moinhos é que o PPS possui para além de um motor conectado ao rotor, também possui um motor acoplado ao crivo, permitindo rotações em sentidos opostos e conjuntos, visível no lado direito da Figura 49. Esta adição, permite uma maior capacidade de produção de material com granulometria reduzida. Como forma de otimizar o moinho ao material a ser consumido por este, foi então realizado um teste “DOE Fractional design”, através do *software* Minitab 2019.

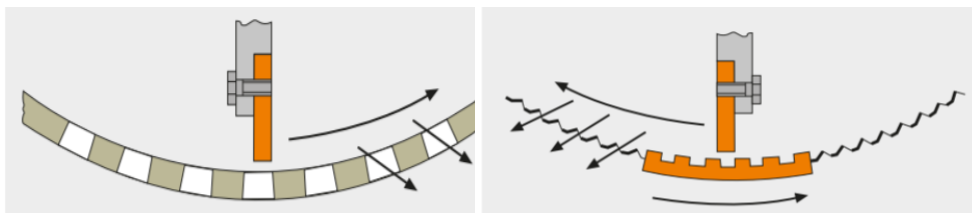


Figura 49- Representação esquemática dos moinhos MFA e PPS, respetivamente

Esta otimização surge em detrimento de não existir um moinho semelhante na entidade acolhedora e de este não ser específico para a utilização em cortiça. Precisamente por estas razões tornou-se necessário realizar essa adaptação. Devido ao elevado número de parâmetros do moinho e a heterogeneidade da matéria prima, a solução desenvolvida foi a realização de um teste DOE. Os parâmetros controláveis são o sentido de rotação, o crivo a ser utilizado, o número de facas e a frequência quer do motor do rotor, quer do crivo. Os não controláveis serão tidos em conta, caso exista muita variação dos resultados, *output*, em função da variação destes. Pode então haver a necessidade de separar as matérias primas por *clusters* no caso de estas apresentarem essas diferenças. O resumo encontra-se na Tabela 31.

Tabela 31- Parâmetros processo PPS

Parâmetros controláveis	Parâmetros não controláveis
Sentido de rotação do crivo	Humidade da matéria-prima
Crivo	Massa volúmica da matéria-prima
Nº de facas	
Motor Crivo	
Motor Rotor	

O *output* considerado é a percentagem de material com granulometria de 0,5 mm a 2 mm. Isto porque é o material de maior interesse económico e estratégico. Logicamente, quanto maior for o *output*, melhor e mais adequado é considerado o conjunto de parametrização. A Tabela 32 identifica a globalidade dos parâmetros no equipamento PPS, dividindo-as em controláveis e não controláveis.

Tabela 32- Parametrização controlável PPS

Parâmetros controláveis	Parametrização
Número de facas	8; 16
Crivo	20; 25e
Sentido de rotação	Conjunta; Não conjunta
Rotação de motor do rotor	500 - 1500
Rotação de motor do crivo	500 - 1500

Utilizando o Minitab para realizar a experiência, foi realizado um teste fracionário de  $1/2$ . A escolha deste teste intersesta o objetivo de realizar um número relativamente reduzido de testes, mas mantendo a capacidade de obter conhecimento do processo. Alguns dos parâmetros são de mudança difícil, sendo essa mais uma razão para a realização de um número de testes reduzido. Sendo assim, o *software* delineou os seguintes testes, representados na Tabela 33.

Tabela 33- 1º Experimento PPS

Teste nº	Motor Rotor	Motor Crivo	Sentido rotação	Facas	Crivo
1	500	500	diferente	16	25e
2	1000	1000	diferente	8	20
3	500	500	mesmo	16	20
4	1000	1000	diferente	16	20
5	1000	1000	diferente	16	25e
6	500	500	diferente	8	20
7	1500	1500	mesmo	16	20
8	1500	500	mesmo	8	20
9	1500	1500	diferente	16	25e
10	500	1500	diferente	8	25e
11	1000	1000	mesmo	16	20
12	1000	1000	diferente	8	25e
13	500	500	mesmo	8	25e
14	1500	500	diferente	16	20
15	1000	1000	mesmo	16	25e
16	1500	500	mesmo	16	25e
17	500	1500	mesmo	16	25e
18	1000	1000	mesmo	8	20
19	500	1500	diferente	16	20
20	1500	1500	mesmo	8	25e
21	1000	1000	mesmo	8	25e
22	1500	1500	diferente	8	20
23	500	1500	mesmo	8	20
24	1500	500	diferente	8	25e

O ensaio realiza-se através da recolha de uma amostra no ciclone (equipamento jusante ao PPS). Com esta amostra são realizadas as seguintes análises:

- Distribuição granulométrica
- Teor de humidade
- Massa volúmica

Estas análises permitem conhecer os parâmetros não controláveis (referentes à MP), assim como a quantificação de *output* a ser analisado (percentagem de material com granulometrias compreendidas entre 0,5 e 2 mm). A distribuição granulométrica deve seguir sempre a mesma distribuição de crivos, caso se pretenda realizar uma análise ao *output* para além da referenciada acima. A Tabela 34 apresenta os crivos a serem utilizados na distribuição granulométrica.

Tabela 34- Utilização de crivos em ensaios PPS

<b>Crivos</b>	<b>Distribuição</b>
<b>mm</b>	<b>%</b>
4,00	
2,36	
2,00	
1,00	
0,71	
0,50	
0,21	
Fundo	

### 3.4.5.1 Apresentação de testes

Após a delineação dos testes, segue-se a sua realização. Esta, como dito acima, tem a sua classificação obtida de 0,5 a 2 mm de granulometria, como forma de resposta (*output*) ao teste estatístico. O *output* do teste encontra-se representado na Tabela 35.

Tabela 35- Resultados do 1º Experimento PPS

<b>Teste nº</b>	<b>Output</b>	<b>Teste nº</b>	<b>Output</b>
<b>1</b>	7,8	<b>13</b>	5,3
<b>2</b>	14,3	<b>14</b>	12,7
<b>3</b>	3,2	<b>15</b>	4,3
<b>4</b>	8,4	<b>16</b>	11,6
<b>5</b>	16,4	<b>17</b>	12,1
<b>6</b>	11,1	<b>18</b>	7,8
<b>7</b>	16,6	<b>19</b>	8,2
<b>8</b>	10,6	<b>20</b>	10,4
<b>9</b>	15,5	<b>21</b>	7,4
<b>10</b>	7,3	<b>22</b>	16,6
<b>11</b>	11,8	<b>23</b>	6,4
<b>12</b>	10,1	<b>24</b>	14,7

### 3.4.5.2 Análise de testes

No momento a seguir à realização dos testes, segue-se a construção do modelo. Este deve ter o maior ajuste possível, assim como capacidade de previsão. Após várias construções de modelos, o modelo mais ajustado tem representado o seu ajuste e capacidade de previsão na Tabela 36. O “S” é medido em unidade de resposta e representa a distância entre a resposta real e a resposta do modelo. O  $R^2$  representa a percentagem de variação na resposta que o modelo é capaz de explicar. Este, apesar de conter termos estatisticamente inferiores a 5%, é a combinação que possui maior ajuste e capacidade preditiva.

Tabela 36- Parâmetros de modelo DOE

S	R <sup>2</sup>
2,57	76,0%

Segundo o modelo, a equação de output, pode ser definida através de uma equação dos termos de *input*, visível na equação 2.

$$\%0,5 - 2 = 2,71 + 0,00591 * \text{motor\_rotor} + 0,00201 * \text{motor\_crivo} + 3,17 * \text{sentidorotação} - 1,99 * \text{facas} - 0,200 * \text{crivo} - 0,00169 * \text{motor\_crivo} * \text{sentidorotação} + 0,00226 * \text{motor\_crivo} * \text{facas} - 0,700 * \text{sentidorotação} * \text{facas} + 0,767 * \text{facas} * \text{crivo}$$

**Equação (2)**

O modelo, disponibiliza ainda o gráfico de *Pareto*, Figura 50, para os efeitos padronizados. Os termos que possuem um efeito maior que a referência a cor vermelha (efeito de 2,160) são os termos estatisticamente significativos.

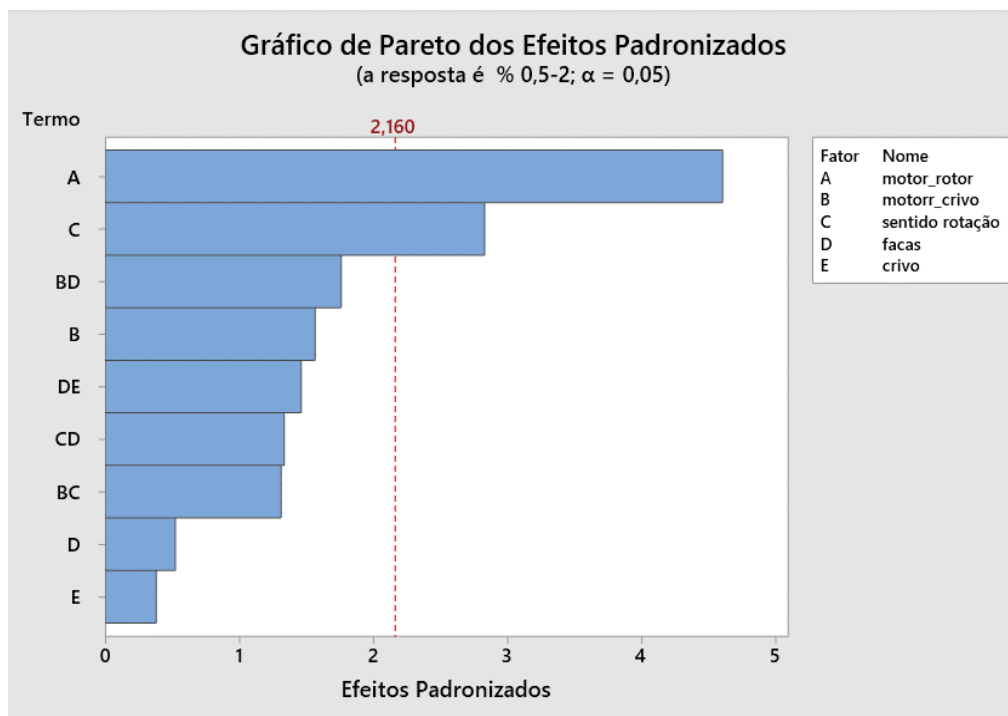


Figura 50- Pareto de Efeitos Padronizados (1ªteste)

Como dito anteriormente a linha vertical da significância a 5% é meramente uma referência de conhecimento, uma vez que o modelo utilizado tem como critérios os fatores (ajuste e capacidade preditiva) referidos anteriormente. Este gráfico tem ainda como objetivo ordenar por ordem decrescente o efeito que cada um dos *inputs* tem sobre os *outputs*. É então observável que o fator A (Motor do rotor), C (Sentido de rotação), B (Motor do crivo) e a conjugação BD (Motor do crivo e facas) possuem a maior interferência no resultado final. Uma outra análise enriquecedora é o gráfico de efeitos principais (Figura 51).

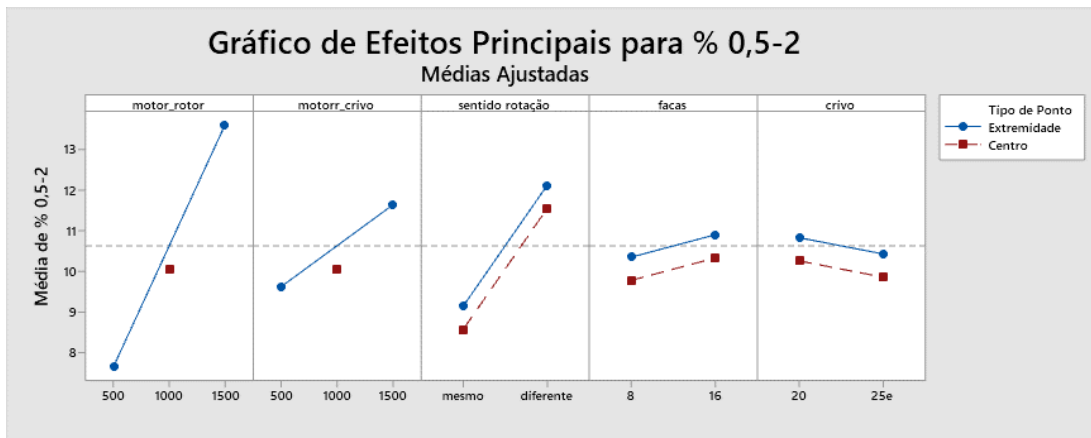


Figura 51- Gráfico de Efeitos Principais (1ºteste)

Este relaciona a média de output com a variação de cada parâmetro, de forma individual. Tal permite a indicação de que forma no conjunto de testes, para aquela determinada variação de determinado parâmetro, se altera a média de *output*.

O gráfico de cubo (Figura 52) é a análise que permite da melhor forma, reunir as várias conjugações de *input* e atribuir o *output* em função disso. Funciona como uma espécie de mapa geral, onde é possível entender o *output* esperado em função de todas as conjugações de *input* disponível.

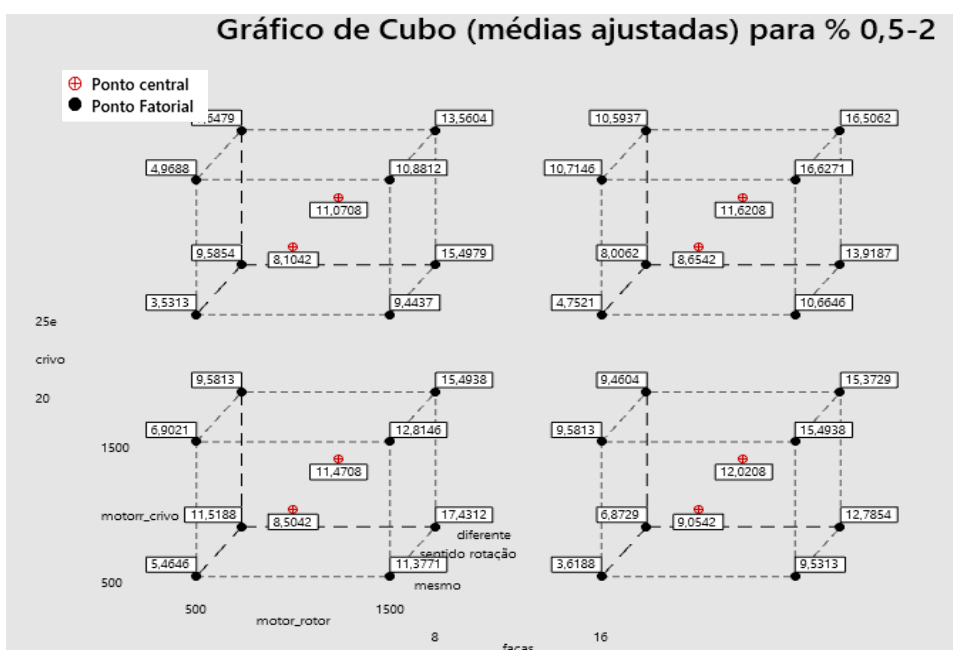


Figura 52- Gráfico de Cubo (1ºteste)

Finalmente, existe ainda a possibilidade de otimização do *output*, através da otimização do modelo criado. No caso, podemos ver a ferramenta a indicar o conjunto de parâmetros ótimo. Esta parametrização é então a que segundo o modelo é capaz de gerar um resultado com maior % de material desejado. A ferramenta, presente na Figura 53, permite ainda simular qualquer parametrização de input em saber a resposta de *output* que o modelo gera. Após a realização do primeiro conjunto de testes, alguns dos parâmetros são conhecidos em maior grau, outros em menor. Em função deste *feedback*, tornou-se necessário a realização de outros testes.

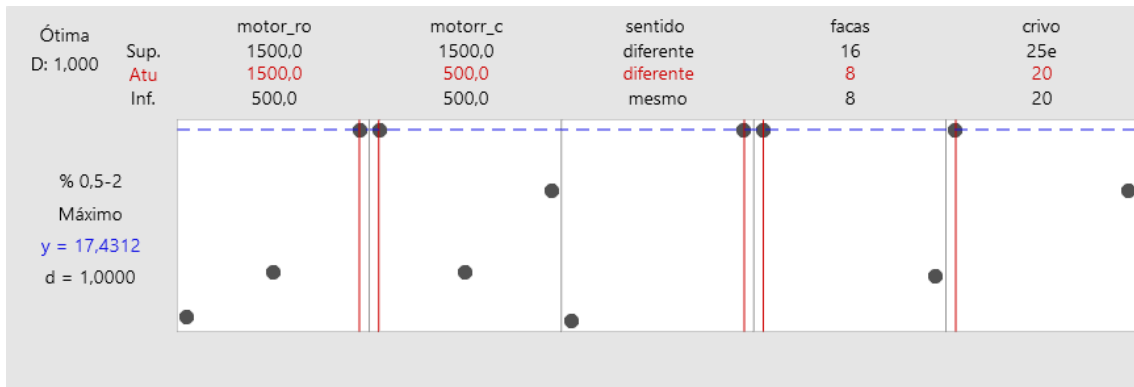


Figura 53- Ferramenta de otimização de *output*

Apesar do efeito das rotações do motor do rotor e do sentido de rotação serem facilmente conclusivos pelo teste anterior, parâmetros com o efeito dos crivos, facas foram pouco sentidos pelo modelo em causa. Assim como a rotação do motor do crivo, apesar de melhor que estes dois últimos, não tem informações fortes. Como forma de aprofundar alguns destes parâmetros, seguiu-se a seguinte metodologia:

- Fixar termo estatisticamente mais significativo (sentido de rotação);

Este termo foi fixado, uma vez que a sua influência é forte e bem definida pelo teste anterior, pelo que a exploração dos outros parâmetros é mais produtiva.

- Fixar termo de mudança difícil menos significativo (facas);

A fixação deste termo deve-se principalmente a duas razões. A primeira é a de que a sua influência foi sentida em menor grau, pelo que a sua variação e estudo pouco iria interferir no *output*. A segunda razão prende-se com o facto de ser um fator de mudança difícil, sendo necessária a intervenção da equipa de manutenção, fazendo com que os testes fossem mais demorados e custosos.

- Investigar variáveis contínuas e influência de crivo;

Desta feita, será então estudado a influência das variáveis contínuas (rotações dos motores do crivo e do rotor), assim como o estudo da influência do crivo. Esta última, surge em torno de que os resultados não serem os desejáveis e a suspeita recai sobre o elevado tamanho do crivo. Este sobredimensionamento cria um efeito de passagem direta de uma quantidade considerável de material, diminuindo logicamente a

percentagem de material a ser moído e por consequente percentagem de material com a granulometria desejada. Assim sendo, a Tabela 37 apresenta o que é a segunda fase de testes, já com o resultado de cada teste. Esta pressupõe os pontos referidos acima. É importante frisar que a construção do modelo não tem como objetivo a adaptação ou à resposta, até porque nem inclui todos os fatores. O modelo tem somente como objetivo a melhor verificação da influência dos parâmetros em estudo. De forma a diminuir a passagem direta de material sem ser moído recorreu-se a material de ensaio de granulometria maior, de forma a evitar essa mesma passagem.

Tabela 37- Resultados 2º Experimento PPS

Teste n <sup>o</sup>	Motor Rotor	Motor Crivo	Sentido rotação	Facas	Crivo	Output
1	1125	1375	diferente	16	25e	21,4
2	750	1500	diferente	16	20	21,4
3	750	1500	diferente	16	25e	26,6
4	750	1250	diferente	16	20	24,7
5	1125	1375	diferente	16	25e	29,1
6	1500	1500	diferente	16	25e	24,6
7	1125	1375	diferente	16	20	28,3
8	750	1500	diferente	16	20	34,1
9	750	1250	diferente	16	20	23,6
10	1125	1375	diferente	16	20	27,1
11	750	1500	diferente	16	20	29
12	1500	1250	diferente	16	25e	33,2
13	1500	1500	diferente	16	20	34
14	1500	1250	diferente	16	25e	26,3
15	750	1250	diferente	16	25e	28,3
16	1500	1250	diferente	16	25e	24,5
17	750	1250	diferente	16	20	19,9
18	1500	1500	diferente	16	20	26,2
19	1500	1500	diferente	16	25e	30,2
20	1500	1250	diferente	16	20	35,2

À semelhança da figura de *Pareto* utilizado para o primeiro ensaio, a Figura 54, demonstra a maior influência na variabilidade do resultado. É observável que a maior influencia é a do motor do crivo, seguida da conjugação de ambos os motores. A variável menos influente é, novamente, o crivo. Apesar dos ajustes realizados, continua-se a obter o mesmo tipo de resultado, o que leva a reforçar que o crivo poderá necessitar de um outro conjunto de configuração, logicamente uma área de crivagem por crivo, menor. A entidade decidiu analisar o custeio de crivos com 10 e 15 mm.

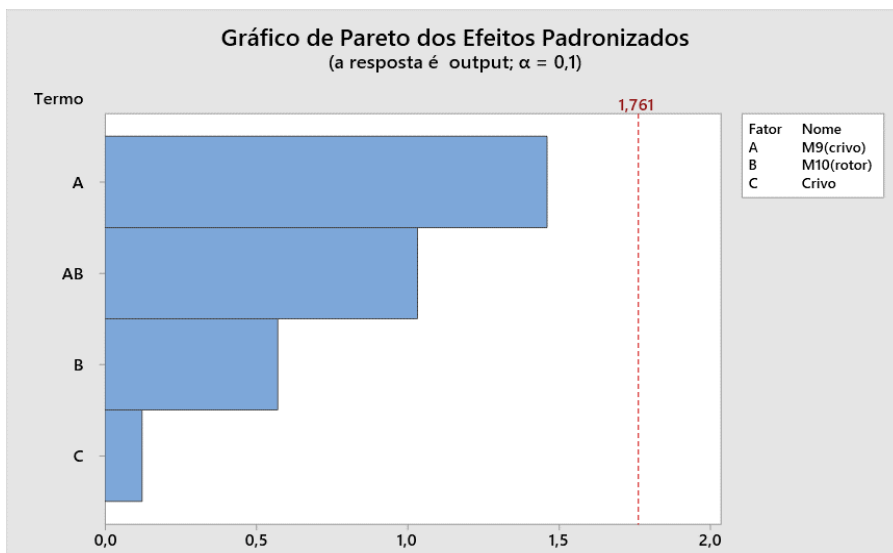


Figura 54- Pareto de Efeitos Padronizados (2ºTeste)

A Figura 55 confirma o que é anunciado pela figura acima, dando ainda a indicação do sentido da influência. Isto é, o sentido (crescimento ou decréscimo) do *output* em relação à variação dos *inputs*. É então observável que quanto maior forem as rotações de cada um dos motores, irá influenciar positivamente na quantidade de *output*. No que toca ao crivo, a amplitude de alteração na média de *output* é de reduzida dimensão. Posto isto, o próximo passo a realizar tendo em conta as dilações retiradas ao longo dos 2 conjuntos de testes, será em primeiro passo, a realização de testes com crivos de tamanho reduzido.

As conclusões retiradas sobre os outros parâmetros, tais a correlação entre o aumento das rotações (do motor do crivo ou do rotor) e o aumento do material com as características desejadas, assim como o sentido de rotação diferente. Contudo, no caso da necessidade ou desejo de criar um modelo ajustado ao modelo real, este deverá ter em consideração todas as variáveis com uma amplitude tanto quão alargada quando possível, tendo em conta as naturais limitações produtivas e logísticas.

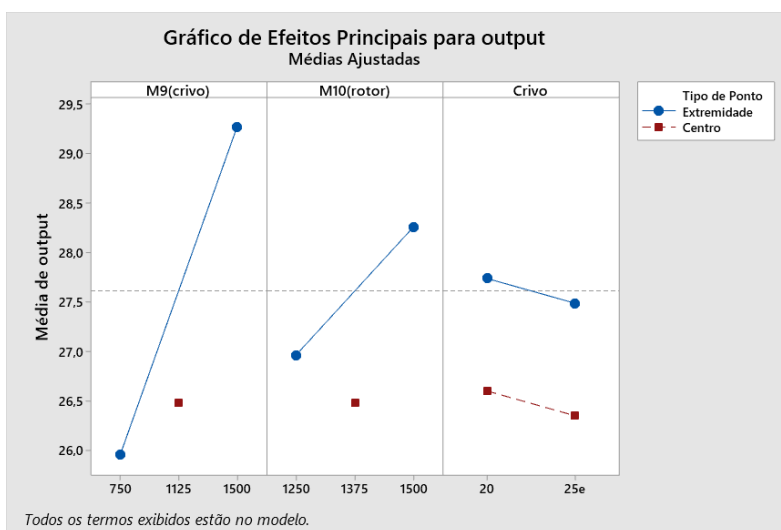


Figura 55- Gráfico de efeitos principais (2º teste)

### 3.4.6 Criação de instruções de trabalho (OPL)

No decorrer do estágio, ou por necessidade passada, ou no presente, foram realizadas 25 OPL, em 11 máquinas ou processos, listada na Tabela 38.

Tabela 38 – Resumo de número de instruções de trabalho por máquina/processo

Máquina /Processo	Número de instruções
Ensacamento	3
Filtros	1
MDT	2
MFA	4
MIM	4
MLI	1
Peneiros	1
Popcork	2
Rotex	3
Secador Vertical	2
Secador Horizontal	2
<b>Total</b>	<b>25</b>

Estas possuem objetivos diferentes. Algumas visam informar o operador sobre procedimentos em caso de determinada situação, pelo que tais podem não ter um efeito de quantificação fácil. Grande parte destas são sobre componentes e parte de manutenção. Exemplos de OPL realizados encontram-se Figura 56. Estas para além de trazer mais lucros à empresa, acabam também por aferir mais qualidade ao processo global, embora a sua quantificação também seja difícil. Todas as OPLs podem ser encontradas no apêndice V. Contudo, uma delas tinha como objetivo diminuir o consumo elétrico nos períodos em que a instalação não esta toda operacional (tipicamente ao fim de semana).

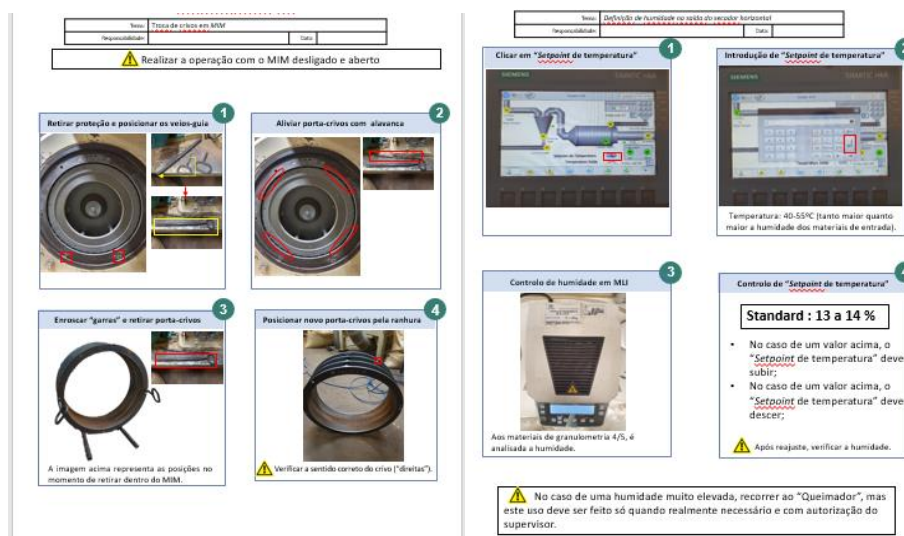


Figura 56- Exemplos de OPL realizadas

### 3.5 Análise de resultados obtidos

Apesar da quantificação dos resultados ser de grande importância, nem sempre esta é de fácil ou pouco complexa análise. No caso das OPL, que são instruções variadas de trabalho, muitas não são quantificáveis ou sentidas de forma indireta. Contudo, uma destas permite uma análise concreta e assertiva. A instrução tinha como objetivo a maior eficiência energética, através de um conjunto de ações (no período do fim de semana).

Visível na Figura 57, a cor mais clara é o momento de recolha antecedente ao momento de formação e aplicação dessa instrução. É facilmente perceptível a diferença entre o antes e o depois (especificamente no período do fim de semana).

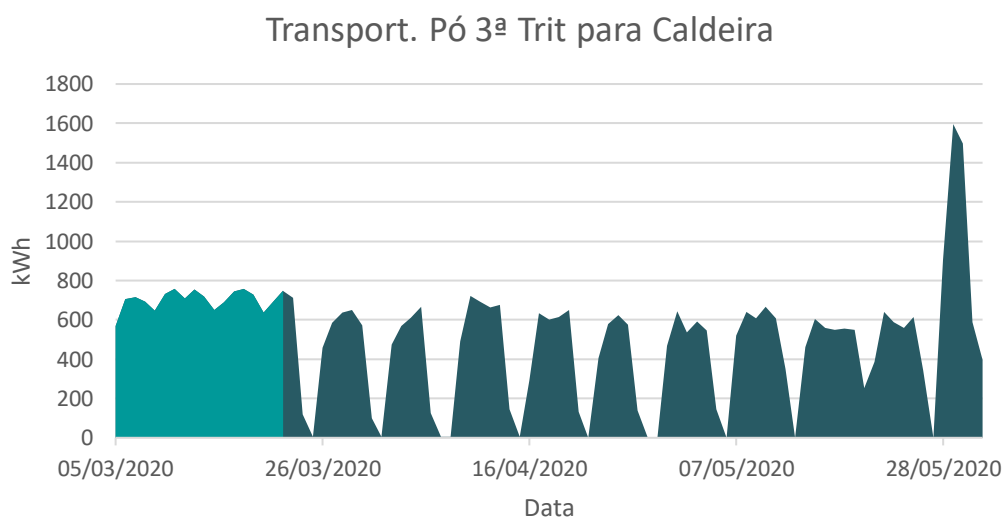


Figura 57- Consumo energético do transporte de pó na 3ª Trituração para a Caldeira

Extrapolando a média da diferença de consumo ao fim de semana, antes e depois, assim como as duas áreas que usufruem desta instrução, esta única OPL tem um impacto financeiro de cerca de 8500€/ano (Tabela 39).

Tabela 39- Comparação de custos antes e depois da instauração de OPL

	Custo médio (€)	Ganho/ano (€)
Antes	224,3	8472,8
Depois	31,7	

No que toca ao problema Popcork, foi realizado um teste de produção. É importante referir que os testes de produção são testes que interferem de grande forma com o que é a logística quotidiana de um sistema produtivo, assim como outras questões associadas. Contudo, este teste foi realizado, através dos parâmetros que foram também comparados nos ensaios realizados à expansão. Estes são os parâmetros iniciais, de referência e com o Popcork desligado (através de *bypass*). Este teste foi programado com as mesmas condições, o mesmo operador, a mesma carga de matéria prima, tentando então isolar as variáveis ou condições capazes e produzir ruído.

Como é observável na Tabela 40, o Popcork com os parâmetros ajustados possui uma maior produção, cerca de 5% maior comparada a sem Popcork, e ainda maior quando comparada com os parâmetros iniciais.

Tabela 40- Teste produtivo ao Popcork, quanto à quantidade de material

Material	Parametrização		
	Sem Popcork	Parâmetros iniciais	Parâmetros Ajustados
Matéria prima	1728	1788	1862
Explorável	1558	1618	1692
Lote 2/5	1057	1066	1206
%lote 2/5	<b>67,8%</b>	<b>65,9%</b>	<b>71,3%</b>
<b>Acréscimo output</b>	-	<b>-2,9%</b>	<b>5,1%</b>
Excedentes	211	227	130
%a. excedentes	<b>13,5%</b>	<b>14,0%</b>	<b>7,7%</b>
<b>Acréscimo excedentes</b>		<b>3,6%</b>	<b>-43,3%</b>

Para além de ter a capacidade de produzir mais material, o material apresenta uma densidade cerca de 12% abaixo do que é o teste sem Popcork. Ou seja, para além de cumprir o objetivo de produzir material com menos densidade, também é capaz de aumentar o rendimento do processo produtivo (ver Tabela 41).

Tabela 41- Teste produtivo ao Popcork, quanto à qualidade de material

Características	Parametrização		
	Sem Popcork	Parâmetros iniciais	Parâmetros Ajustados
Peso específico (kg/m <sup>3</sup> )	74,8	72,7	66
<b>Acréscimo peso específico</b>	-	<b>-2,8%</b>	<b>-11,8%</b>
Acréscimo peso específico	-	-	319,0%
Humidade (%)	3	5	3
<b>Acréscimo humidade</b>	-	<b>66,7%</b>	<b>0%</b>

O subprojecto relacionado com o equipamento *PPS*, como necessita de mais etapas para que se considere que a otimização realizada seja adequada para os objetivos de produção, devido à falta de *inputs* adequados, não se considera como concluída. Tendo em conta isso, não foi realizada a análise de rendimento económico. Como forma de sumarizar as propostas de melhoria apresentadas ao longo da presente dissertação e os seus ganhos, apresenta-se a Tabela 42.

Tabela 42- Ganhos obtidos pelas propostas de melhoria no estudo de standardização e otimização de processos industriais

Proposta de melhoria	Ganhos Qualitativos /Quantitativos
POPCORK	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Melhor compreensão interação vapor-cortiça;</li> <li>▪ Explorabilidade das correlações fortes;</li> <li>▪ Resultados de expansão de 35%, 450% superior ao inicial;</li> <li>▪ Sugestões de melhoria potencializam o Popcork;</li> <li>▪ Testes de produção com acréscimo de 5% e decréscimo de 12% na massa volúmica;</li> <li>▪ Maior capacidade de decisão e valorização sobre mistura de MP a consumir.</li> </ul>
PPS (DOE)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Otimização da relação input/output do equipamento;</li> <li>▪ Criação de modelos capazes de prever o <i>output</i>;</li> <li>▪ Aplicabilidade DOE na otimização de equipamentos.</li> </ul>
OPL	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Maior uniformização e conhecimento de operações;</li> <li>▪ Normalização que leva à evolução;</li> <li>▪ Diminuição dos custos de manutenção e energéticos.</li> </ul>

# 4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

4.1 Principais contributos do trabalho

4.2 Dificuldades encontradas

4.3 Trabalhos futuros



## 4. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho foi elaborado no âmbito do mestrado em Engenharia Mecânica no ramo de Gestão Industrial do Instituto Superior de Engenharia do Porto, tendo sido realizado no seio de uma empresa da indústria corticeira.

### 4.1 Principais contributos do trabalho

Na Tabela 43 é feito o ponto de situação em relação ao estado de implementação dos principais contributos e propostas de melhoria. No que toca aos contributos, o único ponto que carece de conclusão é a criação de metodologias no *Popcork*. Isto deve-se ao facto de o serralheiro ainda estar pendente com a entrega de equipamentos necessários à conclusão deste subcapítulo.

Tabela 43- Estado de implementação de contributos e propostas de melhoria

Contributos/Propostas de melhoria	Estado de implementação
Realização de OPL	As instruções de trabalho foram realizadas, revistas e colocadas em cada posto de trabalho associado, assim como feitas atualizações às mesmas. Foram realizadas 25 instruções de trabalho.
<i>Ramp up</i> de equipamento <i>Pallman PPS</i>	O <i>ramp-up</i> foi realizado através da elaboração de dois experimentos. Estes revelaram a necessidade de um crivo de menor área de crivagem.
Melhoria de desempenho de <i>Popcork</i>	O equipamento patenteado <i>Popcork</i> , possui novas parametrizações <i>standard</i> , mais eficazes e rentáveis.
Criação de metodologias para o <i>Popcork</i>	As metodologias foram criadas, estando somente à espera da receção de certos componentes.
Medição de expansão em contínuo	O conceito foi apresentado e é uma hipótese. Necessita de um estudo, de forma a entender especificamente os equipamentos necessários.
Alteração da ordem do processo	Tendo em conta os elevados custos e implicações indiretas que precisam de ser discutidas, esta solução foi fortemente argumentada e baseada, pelo que a entidade demonstrou grande abertura à sua realização.

---

Melhorias ao sistema Popcork	As melhorias a realizar ao sistema necessitam de uma análise económica, de forma a entender as alterações que fazem sentido serem realizadas do ponto de vista económico. Contudo, a economia de escala tende a suportar estas decisões.
------------------------------	--

---

Apesar dos pontos referidos acima, há outras questões igualmente importantes a frisar. A capacidade de expandir cortiça, permitindo a obtenção de material mais volumoso (e consequentemente de menor massa volúmica), permite que as misturas de várias matérias-primas da cortiça sejam feitas de forma mais controlada, fazendo com que seja possível misturar uma maior percentagem de material mais denso (tipicamente de menor custo económico) e obter um produto final com as mesmas características (humidade e massa volúmica). Permite também, logicamente, que para a mesma mistura exista uma maior produção (rendimento), em termos relativos do produto final com as características desejadas. Para além disso, as novas parametrizações tendenciam a que seja transferida humidade da cortiça para o ambiente, o que reduz a necessidade energética do secador.

A utilização de otimização estatística em ambiente industrial tem um potencial enorme. A criação de modelos capazes de interpretar, correlacionar e prever os resultados dos equipamentos, através da realização de experimentos previamente definidos e delineados abre inúmeras possibilidades de aplicação. É, contudo, importante garantir a fidelidade e criteriosidade científica dos testes. Pelos experimentos realizados foi possível concluir que existe a necessidade de testes com um crivo de menor área de crivagem. Através de um processo iterativo, é possível chegar ao ponto ótimo de relação entre a alimentação do equipamento (matéria-prima), os seus *inputs* controláveis e o *output* do equipamento. Isto, aumenta a fiabilidade dos processos, permitindo às equipas de produção aumentos de eficiência global, diminuição de atrasos e maior rendimento económico. Não deixa de ser importante frisar que quão mais a montante for a melhoria, mais vantagens representa para o processo produtivo, no seu global.

Deste projeto que subentende 3 subprojectos tratados independentemente, destacam-se os seguintes contributos para a entidade acolhedora:

- Melhor compreensão interação vapor-cortiça;
- Resultados de expansão da matéria-prima cortiça enquanto granulado de 35%, 450% maior comparativamente ao estado inicial;
- Ensaios de produção com acréscimo de 5% e decréscimo de 12% na massa volúmica;
- Otimização da relação *input/output* do moinho de facas *Pallman PPS*;
- Criação de modelos estatísticos capazes de prever o *output*;
- Maior uniformização e conhecimento de operações;
- Normalização de procedimentos que leva à evolução;

## 4.2 Balanço final

Existe um trabalho contínuo a ser feito na área da normalização de operações. Estas requerem adaptação, criação e, desejavelmente, evolução dos processos. É necessário a coordenação entre as chefias e os operadores, de forma a permitir a evolução do processo ou de operação, com o avale de ambas as partes.

No que toca ao subprojecto *Popcork*, as sugestões são diversas e de potencial elevado. Contudo, apesar dos prós serem evidentes, é importante analisar os contras, assim como impactes económicos e logísticos. Tal requer a continuidade deste mesmo trabalho, de forma a testar o medidor de expansão em contínuo, que tal como abordado acima no presente relatório abre oportunidades na área da monitorização e adaptação automática do processo. Este subprojecto tem um potencial indiscutivelmente forte, pelo que o investimento na exploração das suas capacidades e limites é razoavelmente justificado, dependendo obviamente, da ordem de valor em discussão. Esta força provém de fatores como a matéria-prima ser natural, por isso finita e ser a área de entrada da fábrica (fazendo com que se existam melhorias a montante, estas sejam necessariamente refletidas a jusante).

Em relação ao último tema abordado, a metodologia revelou-se também ela com potencial e capacidade de tomada de decisão. O trabalho futuro, tal como discutido em subcapítulos anteriores, relaciona-se com a realização de novos testes com a utilização de crivos de área menor. Este processo iterativo deve ser realizado até se chegar ao conjunto de valores desejados, a nível de output, ser atingido. Poderá ser perfeitamente oportuno a utilização do modelo construído em primeira instância, de forma a o enriquecer e fortalecer, existindo então também a capacidade de criação de um modelo robusto capaz de prever, definir e apoiar as equipas de produção.

## 4.3 Dificuldades encontradas

Nesta fase de conclusão, é também importante referir as dificuldades encontradas no decorrer do projeto. Assim sendo, é de frisar que este estágio se deparou com uma grande imprevisibilidade, pandemia COVID-19. Esta interferiu com o estágio, já que levou a uma interrupção do estágio na entidade acolhedora. Com o empenho, dedicação e querer, foi possível sobrepujar esta calamidade.

## 4.4 Trabalhos futuros

Para além do conjunto de medidas, testes, interpretações e conclusões retiradas no presente capítulo, existem um conjunto de sugestões de implementação especificamente para o subprojecto *Popcork*. Estas estão organizadas por ordem de

prioridade (de necessidade ou de importância). Por serem sugestões, não implica necessariamente um ganho de expansão, e conseqüentemente económico. Medidas que melhorem o controlo do processo, aumentem a eficiência energética ou que assegurem a capacidade do processo, também assumem uma importância vital caso se queira explorar as capacidades do processo ao máximo.

#### 4.4.1 Medidor de expansão contínuo através de balanças volumétricas

Um dos maiores problemas no projeto Popcork, foi a realização dos testes. São morosos, difíceis e de representabilidade limitada. Tal dificulta a investigação, a nível de tempo e de segurança de resultados.

Tendo isso em conta, a utilização de um sistema de medição de expansão em contínuo seria uma solução de apoio à produção e à investigação. Este sistema seria composto por 2 conjuntos de medição, visíveis na Figura 58, um pré e um pós Popcork com as seguintes capacidades:

- Células de carga com descarga através de volume: se os ciclos da célula de carga forem comandados por volume (seja através da forma de sensores de posição ou um sistema mais complexo), seria possível avaliar a massa volúmica de forma instantânea e contínua. Recorrer a um densímetro *inline* também poderá ser uma solução;
- Sistema de determinação de humidade em contínuo: Sistema semelhante ao existente nos secadores verticais, com determinação *online* de humidade. A determinação da humidade seria utilizada para realizar a correção de ambas a massa volúmica à humidade referencia (14%).

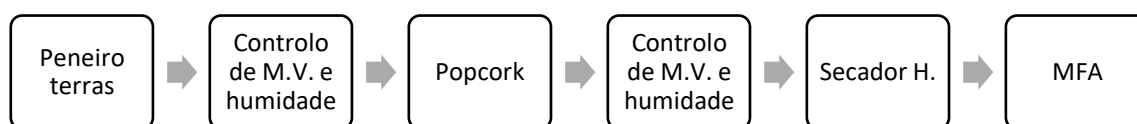


Figura 58-Equipamentos necessários à medição em contínuo de expansão

Com estes dois equipamentos e a captação e tratamento desses mesmos dados, a realização de ensaios obteria maior fiabilidade, maior amostra e maior capacidade. É um sistema de medição com uma determinada complexidade, mas com elevado potencial de melhoria, ou até otimização, ao processo! Podem ser destacadas as seguintes vantagens:

- Testes mais fiáveis e precisos;
- Capacidade de otimização do processo;
- Controlo do processo em direto;
- Base de amostragem para análise de dimensão;
- Maior capacidade de tomada de decisão;
- Tomada de decisão mais baseada e apoiada.

#### 4.4.2 Troca processual (Secador Horizontal - Popcork)

Através da sugestão da correlação entre a humidade inicial e a expansão atingida, conclui-se que o estudo dos potenciais ganhos de ter um secado pré-Popcork, deveriam ser estudados. A correlação é forte e vai de encontro ao balanço energético discutido no subcapítulo 3.4.3. A existência de um secador, iria descer a humidade do material, deixando que a energia específica do vapor seja utilizada em maior grau para a expansão. Após todos os ensaios, a correlação é visível na Figura 59.

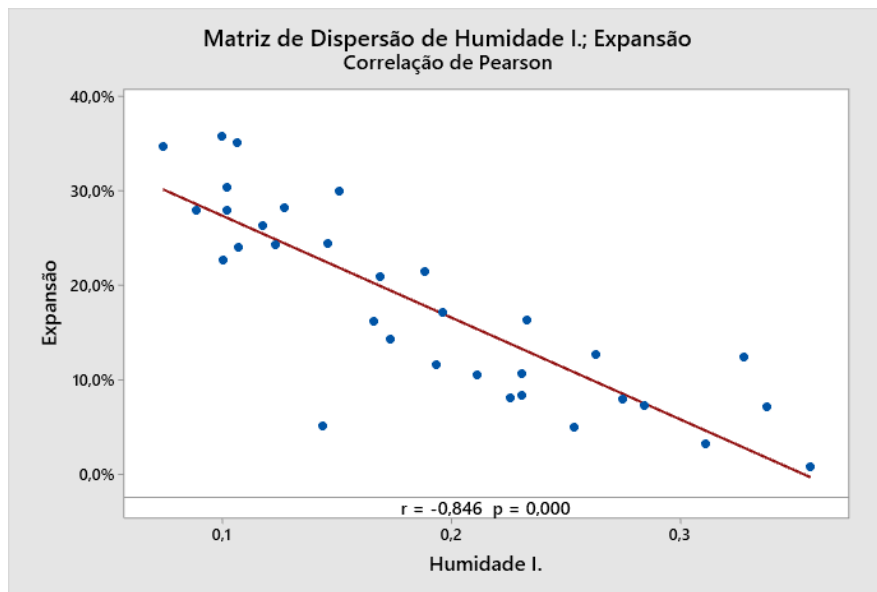


Figura 59-Correlação entre humidade inicial e expansão

Para além disto, o material aquando da saída do Popcork, apresenta significativamente uma menor resistência à quebra, cisalhamento e compressão. Tais características são perfeitamente benéficas, no caso desta possível operação. Tal deve-se, porque pelo processo, o moinho de facas é o equipamento imediatamente a seguir ao secador. Se os ganhos e a correlação forem comprovados, o processo seguiria um organograma genérico como o Figura 60. Esta alteração seria possível no Popcork da 1ª Trituração, uma vez que após a 1ª Trituração, o granulado proveniente daí ainda passar pelo secador vertical, de forma a garantir a humidade desejada. Ao passo que, na 3ª Trituração, só há um secador. Coloca-lo antes do Popcork iria resultar numa perda de controlo de humidade nos momentos de produção.

Esta alteração tem como objetivo diminuir a dependência da eficácia do equipamento Popcork ao que são os parâmetros não controláveis (caraterísticas da matéria-prima), o que permitia uma maior capacidade ao processo, assim como logicamente um maior rendimento económico da máquina e do processo no global.

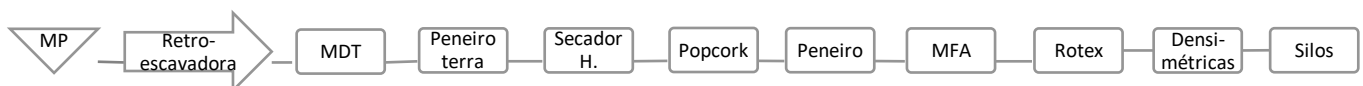


Figura 60-Sugestão de alteração processual

#### 4.4.3 *Melhoria de sistema através de alteração de equipamentos*

Ao longo do acompanhamento e da evolução do processo, foram levantadas algumas questões sobre a conceção do equipamento. Um dos problemas do sistema é a passagem de vapor para locais onde não era o objetivo. Um destes casos é o *buffer* a montante das câmaras. Isto faz com que exista acumulação de vapor a todos os equipamentos a montante, situações que já foram exploradas na presente dissertação. Problemas como este podem ser resolvidos, melhorando a eficiência energética do equipamento, havendo possivelmente também ganhos ao nível do valor de expansão. De forma a aumentar a estanquicidade das câmaras:

- Colocação de eclusas de descarga imediatamente antes da entrada de cada uma das câmaras de expansão, de forma a minimizar as transferências de vapor da câmara para os equipamentos a montante;
- Realização de avaliação sobre sub/sobredimensionamento de todas as eclusas. É importante que as eclusas operem a valores juntos à sua capacidade máxima de transporte. Desta forma, as descargas retornarão menor quantidade de vapor. Outra solução é descontinuar o funcionamento das eclusas, que possui a mesma finalidade.

Outra questão de relevância é o conhecimento dos parâmetros, o seu ponto específico de medição e a sua interpretação, tais como:

- A temperatura das câmaras é medida no escape da cada uma. A acumulação de terras nas grelhas superiores, assim como o refluxo de gases, torna difícil a utilização destes valores para a representação dos valores de temperatura das câmaras. Esta picagem poderia ser feita na parte superior de cada uma das câmaras, por debaixo das redes superiores;
- Os parâmetros de pressão e temperatura que o sinótico indica são condições de abastecimento gerais, não as condições por câmara. Realizar as picagens com junto ao abastecimento de vapor em cada uma das câmaras (ao invés de realizar no abastecimento geral), permite controlar os parâmetros de forma mais rigorosa. Exemplificando, o Popcork da 3ª Trituração possui duas câmaras, ao passo que o Popcork da 1ª possui três. Se mantivermos as condições de abastecimento, as condições por câmara são diferentes. Por razões como essa, deveriam ser conhecidos só valores de pressão e temperatura de abastecimento à câmara, ao invés de ao equipamento.

#### 4.4.4 *Melhoria do Transporte sem-fim intra-câmara*

O transporte intra-câmara é feito através de um TSF, que embora de elevado porte, não apresenta adaptações ao que é o processo. O problema que pode ocorrer é que o material seja inserido na câmara de expansão através do transporte sem-fim de alimentação e que durante este percurso exista sempre depósito de parte desse material no fundo da câmara, não existindo homogeneidade de distribuição entre a cortiça e o vapor. Para tal, surgiu a ideia de criar umas paredes laterais, perpendiculares às faces do transporte sem-fim, de forma a que a cortiça seja mais bem distribuída e que não permaneça em depósito.

# REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abelson, P. H. (1986). Materials science and engineering. In *Science* (Vol. 232), 1485-1486 . <https://doi.org/10.1126/science.232.4757.1485>
- Antoniolli, I., Guariente, P., Pereira, T., Ferreira, L. P., & Silva, F. J. G. (2017). Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, 13, 1120–1127. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.173>
- Assarzadeh, S., & Ghoreishi, M. (2013). Statistical modeling and optimization of process parameters in Electro-Discharge Machining of cobalt-bonded tungsten carbide composite (WC/6%Co). *Procedia CIRP*, 6, 463–468. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2013.03.099>
- Baesler, F. F., Araya, E., Ramis, F. J., & Sepúlveda, J. A. (2004). The use of simulation and design of experiments for productivity improvement in the sawmill industry. *Proceedings - Winter Simulation Conference*, 2, 1218–1221. <https://doi.org/10.1109/wsc.2004.1371452>
- Blind, K. (2013). *The Impact of Standardization and Standards on Innovation*. (13), 32. Obtido 12 de Outubro de 2019, de [www.nesta.org.uk/wp13-15](http://www.nesta.org.uk/wp13-15)
- Bøgh, S. A. (2015). *A World Built on Standards* (1st ed.; Danish Standards Foundation, ed.). Nordhavn.
- Brannstrom-Stenberg, A., & Deleryd, M. (1999). Implementation of statistical process control and process capability studies: Requirements or free will? *Total Quality Management*, 10(4–5), 439–446. <https://doi.org/10.1080/0954412997389>
- Caldas, M. M., Ferreira, J. L., & Borges, M. (1986). Cortiça. Boletim do Instituto dos Produtos Florestais. *Lisboa*, 578, 339–342.
- Dick, R., & Dalmau, T. (2005). Making process accessible: robust processes for learning, change and action research. Interchange.
- Durakovic, B. (2017). Design of experiments application, concepts, examples: State of the art. *Periodicals of Engineering and Natural Sciences*, 5(3), 421–439. <https://doi.org/10.21533/pen.v5i3.145>
- Fallis, A. . (2013). RSM Simplified. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Feyter, T. De. (2006). Modelling heterogeneity in manpower planning : dividing the personnel system into more homogeneous subgroups. *Applied Stochastic Models in Business and Industry*, (March), 321–334. <https://doi.org/10.1002/asmb>
- Fin, J. C., Vidor, G., Ceconello, I., & Machado, V. D. C. (2017). Improvement based on standardized work: an implementation case study. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 14(3), 388. <https://doi.org/10.14488/bjopm.2017.v14.n3.a12>
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). The Toyota Way model: An alternative framework for lean construction. *Total Quality Management and Business Excellence*, 25(5–6), 664–682. <https://doi.org/10.1080/14783363.2013.820022>
- Hall, R. W. (2004). lean and the Toyota Production System. *Target*, 20(3), 22–27. <https://doi.org/10.1016/j.jaubas.2014.07.001>
- Hintzen, B. L., Knoer, S. J., Van Dyke, C. J., & Milavitz, B. S. (2009). Effect of lean process improvement techniques on a university hospital inpatient pharmacy. *American Journal of Health-System Pharmacy*, 66(22), 2042–2047. <https://doi.org/10.2146/ajhp080540>
- Hron, J., & MacÁk, T. (2013). Application of design of experiments to welding process of food packaging. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 61(4), 909–915. <https://doi.org/10.11118/actaun201361040909>
- Hsiung, T. L., & Hsieh, A. T. (2003). Newcomer Socialization: The Role of Job Standardization. *Public Personnel Management*, 32(4), 579–589. <https://doi.org/10.1177/009102600303200408>
- Jafarzadeh, N. K., Sharifnia, S., Hosseini, S. N., & Rahimpour, F. (2011). Statistical optimization of process conditions for photocatalytic degradation of phenol with immobilization of nano TiO<sub>2</sub> on perlite granules. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 28(2), 531–538. <https://doi.org/10.1007/s11814-010-0355-8>
- Kotz, S., & Johnson, N. L. (2017). Process capability indices. *Process Capability Indices*, 4065, 1–212. <https://doi.org/10.1201/9780203741948>
- Kuhn, D. R., & Reilly, M. J. (2003). An investigation of the applicability of design of experiments to software testing. *Proceedings - 27th Annual NASA Goddard / IEEE Software Engineering Workshop, SEW 2002*, 91–95. <https://doi.org/10.1109/SEW.2002.1199454>
- Kuram, E., Ozcelik, B., Bayramoglu, M., Demirbas, E., & Simsek, B. T. (2013). Optimization of cutting fluids and cutting parameters during end milling by using D-optimal design of experiments. *Journal of Cleaner Production*, 42, 159–166. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.11.003>

- L. J. Gibson. (1996). The Proceedings of the Royal Society of London. *Science*, 24(602), 58. <https://doi.org/10.1126/science.24.602.58>
- Liker, J. K., & Hoseus, M. (2010). Human Resource development in Toyota culture. *International Journal of Human Resources Development and Management*, 10(1), 34–50. <https://doi.org/10.1504/IJHRDM.2010.029445>
- Lu, J. C., & Yang, T. (2015a). Implementing lean standard work to solve a low work-in-process buffer problem in a highly automated manufacturing environment. *International Journal of Production Research*, 53(8), 2285–2305. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.937009>
- Marit Risberg Ellekjær. (2013). The use of experimental design in the development of new products. *Quality Science*, 254–274. <http://dx.doi.org/10.1108/13598539810229230>
- Marksberry, P., Vu, D., & Hordusky, B. (2011). A quantitative investigation of Toyota's approach in teaching standardised work. *International Journal of Productivity and Quality Management*, 7(2), 148–167. <https://doi.org/10.1504/IJPQM.2011.038682>
- Mcniff, J., & Whitehead, J. (2010). *You and Your Action Research Project* (3rd ed.). New York: Routledge.
- Melton, T. (2005). The benefits of lean manufacturing: What lean thinking has to offer the process industries. *Chemical Engineering Research and Design*, 83(6 A), 662–673. <https://doi.org/10.1205/cherd.04351>
- Miltenburg, J. (2007). Level schedules for mixed-model JIT production lines: Characteristics of the largest instances that can be solved optimally. *International Journal of Production Research*, 45(16), 3555–3577. <https://doi.org/10.1080/00207540701223394>
- Mílkva, M., Prajová, V., Yakimovich, B., Korshunov, A., & Tyurin, I. (2016). Standardization-one of the tools of continuous improvement. *Procedia Engineering*, 149(June), 329–332. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.674>
- Moghaddam, A. (2007). Action research: A spiral inquiry for valid and useful knowledge. *Alberta Journal of Educational Research*, 53(2), 228–239.
- Mohan, S. K., Viruthagiri, T., & Arunkumar, C. (2014). Statistical optimization of process parameters for the production of tannase by *Aspergillus flavus* under submerged fermentation. *3 Biotech*, 4(2), 159–166. <https://doi.org/10.1007/s13205-013-0139-z>
- Molleman, E. (2013). Modalities of self-managing teams. *Operations & Production Management*, 20(8), 889–910. Obtido 22 de Outubro de 2019 <http://dx.doi.org/10.1108/01443570010332935>

- Montgomery, D. C. (2012). Design and Analysis of Experiments Eighth Edition. In *Design* (Vol. 2), No. 04; QA279, M6 1984. <https://doi.org/10.1198/tech.2006.s372>
- Moreno, B. C. W. (2006). *Optimal “ lean Operations ” in Manufacturing*. Obtido 29 de Outubro de 2019 [www.ultramax.com](http://www.ultramax.com)
- Overmeyer, A. D., Tanner, P. E., Martin, P. B., & Commo, S. A. (2015). Case studies for the statistical design of experiments applied to powered rotorwind tunnel tests. *31st AIAA Aerodynamic Measurement Technology and Ground Testing Conference*. <https://doi.org/10.2514/6.2015-2713>
- Pontes, K. V., Maciel, M. R. W., Maciel, R., & Embiruçu, M. (2011). Process analysis and optimization mapping through design of experiments and its application to a polymerization process. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 28(1), 137–150. <https://doi.org/10.1590/S0104-66322011000100015>
- Ragit, S. S., Mohapatra, S. K., Kundu, K., & Gill, P. (2011). Optimization of neem methyl ester from transesterification process and fuel characterization as a diesel substitute. *Biomass and Bioenergy*, 35(3), 1138–1144. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.12.004>
- Rajasimman, M., Sangeetha, R., & Karthik, P. (2009). Statistical optimization of process parameters for the extraction of chromium(VI) from pharmaceutical wastewater by emulsion liquid membrane. *Chemical Engineering Journal*, 150(2–3), 275–279. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2008.12.026>
- Rivera, L., & Frank Chen, F. (2007). Measuring the impact of lean tools on the cost-time investment of a product using cost-time profiles. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 23(6), 684–689. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2007.02.013>
- Rosa, C., Silva, F. J. G., Ferreira, L. P., Pereira, T., & Gouveia, R. (2018). Establishing Standard Methodologies to Improve the Production Rate of Assembly Lines Used for Low Added-Value Products. *Procedia Manufacturing*, 17, 555–562. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.096>
- Rosli, N., Ambak, K., Daniel, B. D., Prasetijo, J., Tun, U., Onn, H., & Pahat, B. (2015). AN APPLICATION OF THE LEAN PRODUCTION TOOL STANDARD WORK. *Jurnal Teknologi*, 1, 1–6.
- Sun, Y., & Hao, M. (2012). Statistical analysis and optimization of process parameters in Ti6Al4V laser cladding using Nd:YAG laser. *Optics and Lasers in Engineering*, 50(7), 985–995. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2012.01.018>
- Tanco, M., Viles, E., Ilzarbe, L., & Álvarez, M. J. (2007). Manufacturing industries need Design of Experiments (DoE). *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*,

2166(1), 1108–1112.

Tye, H. (2004). *Application of statistical ' design of experiments ' methods in drug discovery*. 9(11), 485–491.

Wood, S. (2013). The international organization for standardization. *Business Regulation and Non-State Actors: Whose Standards? Whose Development*, 81–94. <https://doi.org/10.4324/9780203126929>

Yin, S., Ding, S. X., Xie, X., & Luo, H. (2014). A review on basic data-driven approaches for industrial process monitoring. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 61(11), 6414–6428. <https://doi.org/10.1109/TIE.2014.2301773>

Zuber-Skerrit, O., & Fletcher, M. (2007). The quality of an action research thesis in the social sciences. *Quality Assurance in Education*, 15(4), 413–436. <https://doi.org/10.1108/09684880710829983>



# APÊNDICES

Apêndice I- Teste de tempo

Apêndice II- Teste de desvio de medições com balde de 20 litros

Apêndice II- Correlações 1ªfase

Apêndice IV- Testes realizados ao Popcork

Apêndice V- Criação de instruções de trabalho (OPL)

## APÊNDICE I -TESTE DE TEMPO

Parâmetro	Valor	Teste nº	Seg.
Z	1,96	1	118
IC	95%	2	101
o	1,167	3	110
erro	.21	4	105
		5	113
		6	124
		7	130
		8	105
		9	112
		10	121
		11	100
		12	132
		13	105
		14	120
		15	125
		16	108
		17	120
		18	125
		19	105
		20	110
		21	109
		22	116
		23	125
		24	93
		25	100
		26	107
		27	115
		28	108
		29	116
		30	120
		31	108
		32	116
		33	123
		34	109
		35	119

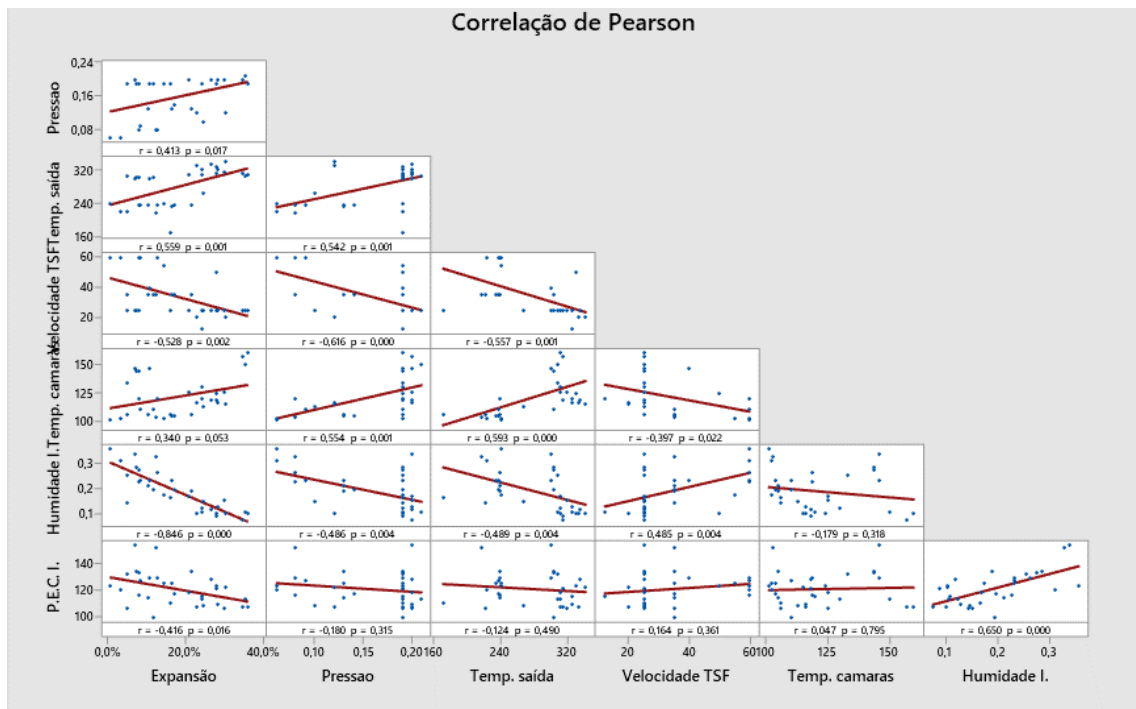


## APÊNDICE II -TESTE DE DESVIO DE MEDIÇÕES COM RECIPIENTE DE 20 LITROS

Massa	Densidade	Densidade média	Desvio	Desvio Médio
3012,8	150,64	155,45	-3,8%	2,0%
3048,6	152,43		-2,4%	
2996,3	149,815		-4,5%	
3099,7	154,985		-0,4%	
3106,3	155,315		-0,1%	
3151,9	157,595		1,7%	
3144,8	157,24		1,4%	
3086,4	154,32		-0,9%	
3232,6	161,63		4,9%	
3191,2	159,56		3,3%	
3104,7	155,235		-0,2%	
3131,6	156,58		0,9%	



## APÊNDICE III –CORRELAÇÕES 1ª FASE DE TESTES








## APÊNDICE IV – Testes realizados ao Popcorn

	Nºexp	Data_nºexp	Pressão	Tempº.	Velocidade	Tempº.	Humidade	M.V.	Humidade	M.V.	P.E.C.	P.E.C.	Expansão
	.	p	o	saída	TSF	câmaras	I.	I.	F.	F.	I.	F.	o
1ª TRITURAÇÃO	1_1	10/12_1	0,06	223	60	102	31%	145,3	36%	149,6	120,4	116,6	3,2%
	1_2	18/12_0	0,06	241	60	101	36%	158,6	37%	159,3	122,7	124,8	0,7%
	1_3	18/12_1	0,08	239	60	119	23%	127,3	22%	115,7	116,4	107,0	8,1%
	1_4	18/12_2	0,08	239	60	119	26%	147,2	24%	124,6	129,1	112,7	12,7%
	1_5	19/12_1	0,09	237	60	110	23%	139,5	23%	127,8	126,9	116,2	8,4%
	1_6	12/2_1	0,19	241	55	102	17%	129,0	25%	120,5	124,8	106,9	14,3%
	1_7	28/2_1	0,13	234	35	104	23%	137,4	29%	123,3	124,7	104,4	16,3%
	1_8	4/3_0	0,13	239	35	105	19%	140,7	17%	108,0	133,9	105,1	21,6%
	1_9	4/3_1	0,13	239	35	105	21%	122,9	18%	106,2	114,1	102,2	10,5%
	1_10	5/3_1	0,08	217	35	103	33%	187,5	20%	120,5	152,3	133,5	12,4%
	1_11	10/3_1	0,14	237	35	104	20%	123,9	18%	123,1	116,9	96,9	17,1%
	1_12	15/5_1	0,19	221	35	106	14%	106,3	14%	100,2	106,0	100,5	5,2%
	1_13	15/5_2	0,19	303	35	110	19%	104,5	14%	87,3	99,0	87,4	11,7%
3ª TRITURAÇÃO	3_1	7/4_1	0,19	301	40	146	23%	142,2	24%	115,5	129,3	115,5	10,7%
	3_2	15/4_1	0,19	308	25	133	25%	149,2	25%	125,6	132,3	125,6	5,0%
	3_3	17/4_1	0,19	304	25	144	28%	157,0	28%	124,6	134,4	124,6	7,3%
	3_4	17/4_2	0,19	304	25	144	27%	153,9	25%	122,6	133,2	122,6	7,9%
	3_5	5/5_1	0,2	315	25	157	7%	100,0	3%	69,5	106,6	69,5	34,8%
	3_6	6/5_1	0,21	308	25	150	11%	109,5	4%	73,4	113,3	73,4	35,2%
	3_7	6/5_2	0,19	312	25	160	10%	102,6	4%	68,5	106,8	68,5	35,9%
	3_8	7/5_1	0,2	301	25	146	34%	191,8	31%	142,8	153,9	142,8	7,2%
	3_9	12/5_1	0,2	312	25	125	17%	121,2	13%	93,0	117,7	93,0	21,0%
	3_10	12/5_2	0,19	311	25	130	12%	111,0	8%	85,4	112,9	85,4	24,3%
	3_11	14/5_1	0,2	318,5	25	125	15%	106,8	9%	74,0	105,7	74,0	30,0%
	3_12	14/5_2	0,1	266,7	25	113	15%	108,9	11%	81,8	108,3	81,8	24,4%
	3_13	14/5_3	0,19	170	25	106	17%	112,9	19%	92,1	109,9	92,1	16,2%
	3_14	19/5_1	0,19	315	25	118	9%	115,1	5%	87,1	121,0	87,1	28,0%
	3_15	19/5_2	0,19	330	50	124	10%	118,4	10%	88,5	122,9	88,5	28,0%
	3_16	19/5_3	0,19	325	12	120	11%	111,5	4%	87,4	115,2	87,4	24,1%
	3_17	20/5_1	0,2	325	25	116	13%	106,8	13%	76,6	109,2	80,3	28,3%
3_18	20/5_2	0,12	333	20	116	10%	122,4	9%	94,6	106,8	76,6	22,7%	
3_19	21/5_1	0,12	342	20	115	10%	128,6	5%	89,5	122,4	94,6	30,4%	
3_20	21/5_2	0,2	335	25	118	12%	109,2	9%	80,3	128,6	89,5	26,4%	






## APÊNDICE V – CRIAÇÃO DE INSTRUÇÕES DE TRABALHO (OPL)

- Moinho destroçador

Tema: Admissão de Material no MDT e opção de parate	Data:
<p><b>1</b></p> <p>Introdução de material na manga na área à esquerda da marcação (linha verde)</p>  <p>⚠️ Caso indicação em contrário, misturar granulometrias e humidades diferentes.</p>	<p><b>2</b></p> <p>Avançar lapete em "modo contínuo" até MDT ser alimentado</p> 
<p><b>3</b></p> <p>Parametrizar "duração" e "Pausa" em relação ao transporte destroçador</p>  <p>Duração : 12 Pausa : 35</p>	<p><b>4</b></p> <p>Ajustar os parâmetro de "Pausa"</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Standard "Pausa": 35</li> <li>• Caso o MDT não tenha capacidade de corte, aumentar o valor até todo o material ser triturado.</li> </ul> <p>⚠️ Quando o parâmetro de "Pausa" ultrapassar os 50, comunicar à supervisão.</p>

ACC.824


Tema: Alteração de regulação tira-pesados	Data:
<p><b>1</b></p> <p>Pontos de regulação do tira-pesados</p> 	<p><b>2</b></p> <p>Ajuste de janelas</p>  <p>As janelas devem ser ajustadas com base no material de entrada. Quanto maior o peso (grau por humidade ou granulometria alta), maior a abertura. A zona amarela representa área de trabalho normal. A vermelha, a em casos de matéria-prima muito pesada.</p>
<p><b>Ajuste de contra-peso</b></p>  <p>Caso a janela esteja aberta na totalidade e o continue a cair demasiado granulado, deve-se afastar o contrapeso da posição inicial (vermelho).</p>	

ACC.824



- Transportes

Tema	Verificar existência de material a ir para a caldeira
Responsável	Área

 Realizar a operação de **hora em hora**

**1** Verificar se existe granulado em circulação



A janela neste ponto (a vermelho) verifica se existe passagem de material em todos os pontos, menos dos peneiros do Pré-Trít.

**2** Verificar granulado no ponto de visualização



Esta janela (a vermelho) verifica a existência de passagem de terras no 1º conjunto de peneiros do Pré-Trít.

**3** Caso existe passagem na janela do ponto



Verificar individualmente a causa da passagem (a amarelo), de forma a chegar à causa. Partir das janelas estilo acima representadas.

ACC.834

• Enfardamento

Título: Tabela de especificação enfardamento (Velocidade e peso)	
Responsabilidade	Data
<p><b>Os valores abaixo são uma referência. Caso necessário, realizar o ajuste consoante o comportamento do material</b></p>	

**1 Velocidade em função do Material**

Material/Equipamento	Velocidade sem fim(t/s)
S6	13-15
BD e MD's	25-27 nos silos 80/81/ 113/114 equivalente a 7-8)
MD 1-2 (sacos)	20-25(variador a mês profência)
AD's	16-18 (e Ventilador no Máx 6)
Silo alm.pressa (Mini-silos)	Máx:10 Máx:40

**2 Peso em função do Material**

Material	Peso referência (kg)
S6	45
D1	23 (floc)
BD 0,5-1	25-26
BD 1-2	26-27
BD 3-2	28
BD 3-1/4-2/3-7	Máx 30
MD 0,5-1/1-2	34-35
AD	Máx 45 (gratia)

**3 Regulação de Ventiladores para Vinda**

Quando é utilizado o Cir.3, este necessita de ser o 1º a arrancar.

Título: Manutenção autónoma: Tratamento	
Responsabilidade	Data
<p><b>Máquina de coser - Limpeza</b></p> <p>Através de ar comprimido, manter a limpeza à máquina, de forma a evitar o pó que pode provocar mau funcionamento.</p>	
<p><b>Máquina de coser - Lubrificação</b></p> <p>Com recurso ao spray, que se encontra no armário de Lubrificação, lubrificar a máquina na região indicada acima.</p>	
<p><b>Parafusos - Prensa</b></p> <p>Verificar o bom aperto das parcas. Caso a porca superior não esteja bem apertada, apertar.</p>	
<p><b>Aperto de arames e subida de prensa</b></p> <p>Verificar o bom aperto dos parafusos. Caso esteja algum em falta, repor.</p>	

Título: Estabelecimento	
Responsabilidade	Data
<p><b>Assumir como Fase de preparação a colocação dos arames grandes junto às máquinas e a mesa de apoio com tampos e arames pequenos.</b></p> <p>Fase de preparação</p>	
<p><b>1 Colocação de tampos</b></p> <p>Após por o tampo em baixo, "deslocar caixa" e o por outro tampo em cima.                  ⚠️ Por tampos centrados, usar linha central (dois arames) como referência.</p>	
<p><b>2 Alimentação e compactação de granulado</b></p> <p>"Carregar caixa" e de seguida "deslocar prensa" e "subir a prensa". Assim que o aviso visual dispara, "subir caixa".</p>	
<p><b>3 Colocação de arames</b></p> <p>Ajustar tampos e colocar espeto de forma a unir (os tampos). Posicionar arames grandes no "comprimento" da caixa e pequenos na "largura", dando a volta pelas ranhuras.</p>	
<p><b>4 Aperto de arames e subida de prensa</b></p> <p>Apertar os arames como na figura acima (introduzidos a ponta viva no gancho fechado e apertar). Retirar o aperto e "subir a prensa".</p>	

- Ciclofiltros

Título	Funcionamento do ciclo filtro da caseira para períodos longos (funcionando exclusivamente os secadores verticais)
Responsável pelo	Operador de secagem
Data	20/02/2020

**⚠** Esta operação deve ser feita para períodos em que só operem os secadores verticais. O fim de semana é o exemplo mais frequente, mas existem outras situações.

**1**

Antes de paragem prolongada (ex: 2º Turno de sexta-feira)



Realizar as operações por ordem (processo normal):

- Clicar em "STOP" no "Filtro" (desliga TSF, ecube e ventilador)
- Clicar em "OFF" no circuito de terra (colofiltro da caseira);

**2**

Quando se pretende trabalhar só com secadores após paragem prolongada (ex: 1º Turno de Sábado e Domingo)



Ligar "Filtro" em "Manual" e "Ventilador" em "ON"

**3**

Quando se pretende parar (2) após paragem prolongada (ex: 3º Turno de Sábado e Domingo)



Realizar a operação:

- Desligar ventilador em "OFF" dos secadores.

**4**

Recomeço de setores (ex: 1º Turno de 2ª feira)



Realizar as operações por ordem:

- Confirmar que as terras B1 TR estão ligadas (Ciclofiltro da caseira);
- Ligar ecube e TSF do filtro dos secadores, em "DN" para voltar as "pontas" do filtro
- Ligar Filtro em "ON" e arrancar em "START" (processo normal)

ACC.834



- Popcork

Esta OPL destina-se à afinação do Popcork em função da matéria-prima

**Afinação de Popcork**

1. Clicar em "Pressão de vapor"

2. Clicar em "Config"

3. Introduzir credenciais de log on

4. Introduzir pressão

User: AM000M  
Password: 4321

Standard : 0,050 Bar

**Nota:** Caso a matéria-prima esteja a encravar no Popcork, descer o valor de pressão para 0,040 Bar. Caso continue, descer o valor até o circuito ficar limpo.

ACC.034

**Set-up do Popcork**

1. Verificação da pressão de vapor = 7 bar

2. Abertura de válvulas de escoamento de água

Operação a realizar após paragem [1 turno basta]

3. Regulação do Popcork pela Matéria-prima

Matéria-prima	Regulação
Aparas e outros	Normal
Repassagem	Desligado

ACC.034

- Moinho de impacto

Título	Troca de crivos em MIM
Responsabilidade	Outro

⚠ Realizar a operação com o MIM desligado e aberto

**1** Retirar proteção e posicionar os veios-guia

**2** Aliviar porta-crivos com alavanca

**3** Enroscar "garras" e retirar porta-crivos

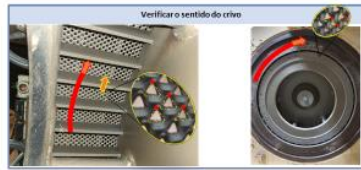
A imagem acima representa as posições no momento de retirar dentro do MIM.

**4** Posicionar novo porta-crivos pela ranhura

⚠ Verificar a sentido correto do crivo ("setas")

ACC.824

Título	Orientação da "seta" do crivo
Responsabilidade	Outro



Legenda:

- ▬ sentido de rotação do rotor
- ▬ sentido de orientação do crivo
- - ponta de corte

ACC.824

Título	Normas de inspeção de rotor- MIM
Responsabilidade	Outro

**1** Rotor em bom estado

**2** Tabela de estado de facas

✓	✓	✓
Virar no sentido horário		
✓	✗	✗
Virar no sentido horário		Trocar

ACC.824

Título	Afinção de cavali de abastecimento no MIM
Responsabilidade	Outro

**1** Introduzir "Velocidade de TSP"

**2** Controlar "Frequência de Output"

Verificar picos de frequência perto de 120-130Hz.

⚠ Se "Frequência de Output" >120-130 Hz, MIM e desligado.

⚠ Sempre que não cause picos, aumentar a "Velocidade TSP", para tirar a maior rentabilidade do MIM.

ACC.824

- Peneiros

Título	Limpeza de rede e peneiro
Responsável	Eric

⚠ Realizar a operação com o peneiro sem serviço (tipicamente entre mudanças de turno)



ACC.834

- Mesa Densimétrica

Tema	Afinação a MEI
Responsabilidade	Site

⚠ Realizar a operação com o peneiro sem serviço (tipicamente entre mudanças de turno)

**Ajustabilidade Inicial do MEI** 1

Repartição individual de regulação de ar

Regulação de vibração

Regulação de inclinação A

Regulação de inclinação B

**Garantir a planeza do granulado** 2

O primeiro ajuste tem como finalidade ajustar a mesa ao material de entrada. Este deve estar uniforme pela mesa. Para este passo, usar ajustes.

**Regulação com base no output desejado**

Com base no material desejado em cada classe de granulado, deve-se fazer o ajuste nas rasas. Começando sempre pelo material de menor densidade. Caso a baixa densidade esteja alta, a rasera da média densidade deve ser mais aberta, de forma a cair menos material pesado nas raseras de baixa densidade. O raciocínio é igual ao longo das várias densidades.

⚠ Por vezes, é necessário recorrer à regulação inicial (sem ser por rasera).

**Deteção visual e formas de correção**

Inclinação A

Inclinação A

Regulação Ar

Inclinação B

ACC-B24


- Secador Horizontal

Tema	Norma tiro-pesados no secador horizontal
Responsabilidade	Site

⚠ Realizar a operação com o secador e ventilador ligados, mas em fase final/inicial (sem Termo fluido e a cerca de 20°C).

**1**


Abrir ligeiramente comporta "tira-pesados"



⚠ Fechar a comporta, sem fechar os "amarreadores".

**2**


Desligar interruptor "ventilador"



Ao desligar o ventilador, a comporta cai.

**3**

Realizar a limpeza




Com a "raspadora", retirar os pesados para a moega.

Tema	Definição de humidade no saída de secador horizontal
Responsabilidade	Site


**1**

Clicar em "Setpoint de temperatura"



**2**


Introdução de "Setpoint de temperatura"



Temperatura: 40-55°C (tanto maior quanto maior a humidade dos materiais de entrada).

**3**

Controlo de humidade em MLI



Aos materiais de granulometria 4/5, é analisada a humidade.

**4**

Controlo de "Setpoint de temperatura"

**Standard : 13 a 14 %**

- No caso de um valor acima, o "Setpoint de temperatura" deve subir;
- No caso de um valor abaixo, o "Setpoint de temperatura" deve descer;

⚠ Após reajuste, verifica humidade.

⚠ No caso de uma humidade muito elevada, recorrer ao "Queimador", mas este uso deve ser feito só quando realmente necessário e com autorização do supervisor.

- Rotex



ONE POINT LESSON (OPL)

Área - xxx/xx

Nome	Encerramento de Rotex - MFA	Data
Responsabilidade		

**Parar alimentação de POPCORK** 1

Desligar todos os comandos

**Parar saída de Secador Horizontal** 2

Desligar "Eclusa de saída"

**Parar alimentação MFA**

Desligar "Magnet", "Vibrador", "TSF MFA10" e "TSF MFA11"

**Parar Rotex**

Após colocar o sistema em manual. Desligar Rotex alimentados pelo MFA

Por vezes, é necessário realizar batimento dos Rotex, ou tirar e repor as mangas de saída. De forma a reativar os Rotex, realizar o procedimento Inversamente (Ativar Rotex-MFA-Secador-Papcork)

ACC.824



ONE POINT LESSON (OPL)

Área - xxx/xx

Nome	Limpeza e substituição de redes nos Rotex	Data
Responsabilidade		

**Retirar do tempo superior**

Desapertar parnos de fixação e remover tempo superior.  
⚠ Ter cautela devido ao peso do tempo.

**Limpeza e tirada de rede**

Utilizar escova, seguida de ar comprimido para limpar a rede. Aliviar tensão na rosca (chave 24); utilizar alavanca para remover rede e estrutura de rede.

**Substituição de redes**

Retirar grampos que unem rede à estrutura ao longo de toda a rede e trocá-la. No caso das bolas apresentarem desgaste (tamanho menor), trocá-las.

**Montagem de redes e tempo do Rotex**

Colocar fita cola\* nas extremidades da rede, de forma a aumentar a eficiência do Rotex. Voltar a colocar tempo e fixar parnos.

De forma ideal, colocar uma única camada de fita cola por cada uma das quatro arestas da rede.

ACC.824

