



ANÁLISE DO MODO DE FALHA E DOS SEUS EFEITOS AO LONGO DA LINHA DE AGLOMERAÇÃO CR1

ÍRIS FERREIRA E FERREIRA

dezembro de 2019

MITIGAÇÃO DOS PROBLEMAS DE QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS BORRACHA-CORTIÇA

Íris Ferreira e Ferreira
1131182

2019
Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica



MITIGAÇÃO DOS PROBLEMAS DE QUALIDADE NA PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS BORRACHA-CORTIÇA

Íris Ferreira e Ferreira
1131182

Dissertação apresentada ao Instituto Superior de Engenharia do Porto para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Mecânica, realizada sob a orientação do Doutor Francisco José Gomes da Silva e coorientação do Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho e da Mestre Alcinda Maria Sousa Barreiras, Professores Adjuntos do ISEP.

2019

Instituto Superior de Engenharia do Porto
Departamento de Engenharia Mecânica

JÚRI

Presidente

Doutora Sandra Cristina de Faria Ramos

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Orientador

Doutor Francisco José Gomes da Silva

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientador

Doutor Raul Duarte Salgueiral Gomes Campilho

Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Mecânica, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Coorientadora

Mestre Alcinda Maria Sousa Barreiras

Professora Adjunta, Departamento de Matemática, Instituto Superior de Engenharia do Porto

Arguente

Doutora Carina Maria Oliveira Pimentel

Professor Auxiliar, Departamento de Economia, Gestão, Engenharia Industrial e Turismo, Universidade de Aveiro

AGRADECIMENTOS

Ao Engenheiro Francisco Silva, por ter aceite ser meu orientador de estágio, pela ajuda, motivação e enorme profissionalismo que, sem dúvida, me contagiou ao longo destes dois anos.

Ao Engenheiro Raul Campilho, por ter aceite ser meu coorientador e pela disponibilidade que demonstrou no decorrer desde projeto.

À Engenheira Alcinda, por ter aceite ser minha coorientadora e pela disponibilidade e ajuda.

À Tânia, Diretora do Departamento da Qualidade da empresa e minha orientadora interna, por toda a ajuda, pela confiança e oportunidade de poder integrar a equipa.

À Ana, à Cármen, à Cristina e ao Vítor, por serem uma equipa maravilhosa e incansável, que me fizeram sentir integrada desde o primeiro dia e com quem, neste momento, tenho o prazer de partilhar os meus dias.

À equipa da área CRM, porque sem eles não seria possível o desenvolvimento deste projeto.

À 6ª edição Cork Potencial, por todos os momentos bem passados e pela relação que criamos.

Aos meus amigos e ao meu namorado, por estarem sempre ao meu lado.

E por fim, à minha família, a quem devo a oportunidade de terminar esta etapa da minha vida.

À minha avó...

PALAVRAS CHAVE

Qualidade, Melhoria, CRM, Linha de Aglomeração, Cortiça com borracha

RESUMO

O panorama atual da indústria da cortiça atravessa um processo de reestruturação e, com ele, surgem novos desafios. Desta forma, a corticeira aposta na procura de novos produtos, no sentido de liderar a competitividade no mercado, alargar a sua gama de produtos e promover um melhor escoamento deste recurso natural limitado. Os progressos tecnológicos têm permitido o desenvolvimento de novos produtos e apontam para uma capacidade de inovação a vários níveis, dado o potencial já demonstrado pela cortiça em desenvolvimentos recentes.

As necessidades dinâmicas do cliente alimentam a competitividade entre empresas, obrigando estas a praticarem preços mais baixos, terem uma qualidade mais elevada, assim como condições de entrega mais cómodas. Para garantir a otimização dos processos produtivos industriais, assegurando a qualidade do produto final, as empresas necessitam de procurar oportunidades de melhoria e agir em conformidade.

Seguindo esta perspetiva, o presente caso de estudo está inserido nas operações da Unidade Industrial CRM, que produz aglomerados de Cortiça com Borracha. O objetivo deste trabalho traduz-se principalmente no levantamento e identificação das causas que provocam problemas a nível da qualidade do produto final, nomeadamente, contaminações e porosidades. A tomada de consciência das situações suscetíveis de intervenção, permitiram a criação de ações corretivas e oportunidades de melhoria ao nível da qualidade do produto, condições do trabalho e otimização da linha de produção. Neste sentido, através da utilização de um conjunto de métodos e ferramentas da qualidade, foram implementadas 63,6% das ações planeadas. Relativamente à minimização de defeitos no produto, a nível de contaminações e porosidades, os resultados ainda não são conclusivos, uma vez que o impacto das ações não é imediato.

Através de um estudo baseado na programação linear, foi possível a otimização do processo de descarga dos produtos químicos da linha de produção. Concluiu-se que, reorganizando a disposição dos cacifos, reduzir-se-ia 66,66% do tempo gasto, em 2018, numa das operações da produção do artigo de classe A, com mais impacto para a organização.

Com o desenvolvimento deste estágio, as condições de trabalho e a satisfação dos colaboradores da área melhorou significativamente, sendo que a implementação da metodologia 5S's foi fundamental.

KEYWORDS

Quality, Improvement, CRM, Agglomeration Line, Cork-Rubber

ABSTRACT

The current landscape of the cork industry is going through a restructuring process and, with it, came new challenges. In this way, cork industry is committed to finding new products in order to lead market competitiveness, broaden its product range and promote a better flow of this limited natural resource. Technological advances have allowed the development of new products and show a capacity for innovation at various levels, given the potential already shown by cork in recent developments.

The dynamic customer needs feeds business competitiveness between companies, forcing companies to practice lower prices, higher quality and more comfortable delivery conditions. To ensure the optimization of industrial production processes while ensuring “end product” quality, companies need to look for improvement opportunities and act accordingly.

Following this perspective, this study case is inserted in the operations of the CRM Industrial Unit, which produces rubberized cork agglomerates. The objective of this work is mainly to survey and identify the causes that induce problems in the quality of the “end product”, namely contaminations and porosities. Awareness of the situations susceptible to intervention, allowed the creation of corrective actions and opportunities for improvement in terms of product quality, working conditions and product line optimization. Thus, through the use of a set of quality methods and tools, 63.6% of the planned actions were implemented. Regarding the minimization of defects in the product, in terms of contaminations and porosities, the results are not yet conclusive since the impact of actions is not visible yet.

Through a study based on linear programming, it was possible to optimize the discharge process of chemicals from the production line. It was concluded that reorganizing the locker arrangement, would reduce 66.66% of the time spent in 2018 in one of the operations to produce class A articles with the more impact to the organization.

With the development of this internship, working conditions and employee satisfaction in the area improved significantly, and the implementation of the 5S's methodology was fundamental.

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

Lista de Abreviaturas

5S's	<i>Seiri (Organização), Seiton (Arrumação), Seiso (Limpeza), Seiketsu (Limpeza) e Shitsuke (Disciplina)</i>
5W2H	<i>What, Why, Where, When, Who, How, How Much</i>
6S	<i>Seiri (Organização), Seiton (Arrumação), Seiso (Limpeza), Seiketsu (Limpeza), Shitsuke (Disciplina) e Sekyuriti (Segurança)</i>
CA	<i>Criticality Analysis</i>
CEP	Controlo Estatístico do Processo
CIPR	Código Internacional de Práticas Rolheiras
CoPQ	<i>Cost of poor quality</i>
CP	Capacidade do Processo
CPk	Índice de Capacidade do Processo
CR	<i>Cork-Rubber</i>
CR1	<i>Cork-Rubber 1</i>
CRM	<i>Cork Rubber Materials</i>
CUSUM	<i>Cumulative Sum Control Chart</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyse, Improve, Control</i>
EPIs	Equipamentos de Proteção Individual
EWMA	<i>Exponentially Weighted Moving Average Chart</i>
FCO	Ficha de Controlo Operacional
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
FMECA	<i>Failure Mode Effects and Criticality Analysis</i>
FTA	<i>Fault Tree Analysis</i>
FWOT	<i>Flowting Offshore Wind Turbine</i>
GMT	<i>Grain Materials Technology</i>
ISEP	Instituto Superior de Engenharia do Porto
KPI	<i>Key Performance Indicator</i>
LIE	Limite Inferior de Especificação
LSE	Limite Superior de Especificação
MB	<i>Master Batch</i>
MES	<i>Manufacturing Execution Systems</i>
NPR	Número de Prioridade de Risco
OEE	<i>Overall Equipment Effectivences</i>
OF	Ordem de Fabrico
OPL	<i>One Point Lesson</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
RPN	<i>Risk Priority Number</i>
SDCA	<i>Standart, Do, Check, Action</i>

SIPOC	<i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers</i>
SPC	<i>Statistical Process Control</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>

Lista de Unidades

kg	Quilograma
kg/m ³	Massa volúmica
kW	Quilowatt
mm	Milímetros
s	Segundos

Lista de Símbolos

€	Euro
%	Porcentagem

GLOSSÁRIO DE TERMOS

<i>Barriga</i>	Parte interna da cortiça que estava em contacto com o entrecasco.
<i>Bigbag</i>	Saco de grande dimensão feito de tecido flexível, que foi projetado para armazenar e transportar granulado.
<i>Cork-Rubber</i>	Aglomerado composto com granulados de cortiça e borracha
<i>Costa</i>	Parte externa do tecido suberoso da cortiça de reprodução que, em contacto com o ar, endurece, escurece e inclusivamente fende, devido ao crescimento de novas camadas.
<i>Entrecasco</i>	Conjunto de tecidos vegetais existentes entre a cortiça e a madeira do sobreiro, constituído por células vivas.
<i>Gargalo</i>	Designação para uma operação que limita o desempenho ou a capacidade de um sistema/processo. É conhecido também como ponto de estrangulamento.
<i>Gemba</i>	Palavra de origem japonesa que significa “verdadeiro lugar onde as coisas acontecem”. Dentro do cenário industrial, trata-se do chão de fábrica.
<i>Grumo</i>	Pequena porção de matéria cujas partículas estão aglomeradas.
<i>Hotte</i>	Habitáculo destinado à realização de experiências ou manuseamento de produtos químicos, onde ocorre a extração de fumos e poeiras, protegendo o espaço exterior.
<i>Kaizen</i>	Termo japonês que se refere à filosofia ou às práticas que incidem sobre a melhoria contínua.
<i>Kanban</i>	Cartão de sinalização utilizado no controlo do fluxo de produção e na gestão de stock numa indústria.
<i>Lean</i>	Filosofia que visa ampliar o valor para o cliente e minimizar o desperdício.
<i>Lote</i>	Data de aglomeração do material.
<i>Pig</i>	Mistura mãe
<i>Picking</i>	Atividade responsável pela separação ou preparação de pedidos do cliente.

<i>Roadmap</i>	Mapa onde estão definidos os objetivos a serem atingidos, num determinado período de tempo.
<i>Six sigma</i>	Filosofia de melhoria baseada em dados e que privilegia a prevenção de defeitos em vez da detecção de defeitos.
<i>Software</i>	É uma sequência de instruções a serem seguidas, executadas e/ou interpretadas por um computador, com o objetivo de executar tarefas específicas.
<i>Solver</i>	Ferramenta do MS Excel [®] conhecida por solucionador da Programação Linear

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESPÉCIME DE CORTIÇA [6].	9
FIGURA 2. ASPETO MICROSCÓPICO DA CÉLULA DE CORTIÇA [6].	10
FIGURA 3. ESQUEMA DAS TRÊS FASES DE DESCORTIÇAMENTO NA VIDA DO SOBREIRO [6].	11
FIGURA 4. PROCESSO DE DESCORTIÇAMENTO.	12
FIGURA 5. DESPERDÍCIO RESULTANTE DA PRODUÇÃO DE ROLHAS – AS APARAS [6].	13
FIGURA 6. EXEMPLOS DE MATERIAIS “CORK-RUBBER”.	15
FIGURA 7. ESQUEMA DO PROCESSO DE RETICULAÇÃO DA BORRACHA [13].	16
FIGURA 8. CURVA REOMÉTRICA [13].	16
FIGURA 9. A “QUALIDADE” NO PONTO DE VISTA DOS GURUS [17].	17
FIGURA 10. EVOLUÇÃO DA QUALIDADE [21].	19
FIGURA 11. EVOLUÇÃO DO CICLO PDCA.	19
FIGURA 12. REPRESENTAÇÃO DA CURVA ABC [40].	26
FIGURA 13. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DE UM FMEA.	29
FIGURA 14. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DO DIAGRAMA DE ISHIKAWA.	32
FIGURA 15. MÉTODO 5S'S.	35
FIGURA 16. EXEMPLO DE CARTAS DE CONTROLO [27].	38
FIGURA 17. METODOLOGIA PARA CRIAR UMA CARTA DE CONTROLO [64, 65].	39
FIGURA 18. JANELA DA LEGENDA DAS CARTAS DE CONTROLO [70].	42
FIGURA 19. JANELA PARA A DEFINIÇÃO DE LIMITES PARA CP E CPK [70].	42
FIGURA 20. JANELA “ESTATÍSTICAS RELATIVAS À CARTA DE CONTROLO” [70].	43
FIGURA 21. JANELA DE OCORRÊNCIA DE ALARMES [70].	43
FIGURA 22. JANELA DOS HISTOGRAMAS DOS VALORES DAS CARTAS DE CONTROLO [70].	44
FIGURA 23. REPRESENTAÇÃO ABRANGENTE DE UM PROCESSO: DIAGRAMA DE PROCESSO [71].	45
FIGURA 24. ORGANIZAÇÃO DA EMPRESA.	51
FIGURA 25. MISTURA-MÃE (PIG).	51
FIGURA 26. CICLONES INDUSTRIAIS.	52
FIGURA 27. MINI-SILOS PARA OS DIFERENTES TIPOS DE GRANULADOS.	53
FIGURA 28. BALANÇA DO GRANULADO.	53
FIGURA 29. BALANÇAS DE LÍQUIDOS.	54
FIGURA 30. SISTEMA DE PESAGEM DOS PRODUTOS QUÍMICOS.	54
FIGURA 31. MISTURADOR FECHADO (BANBURY 001).	55
FIGURA 32. MISTURADOR ABERTO DE HOMOGENEIZAÇÃO.	55
FIGURA 33. MISTURADOR ABERTO DE FORMAÇÃO DE BANDA COM SISTEMA DE TRANSPORTE PARA A GUILHOTINA.	56
FIGURA 34. GUILHOTINA.	56
FIGURA 35. PRENSA DE CORTE.	57
FIGURA 36. PRENSA DE MOLDES E ESTUFA.	57
FIGURA 37. PRODUTO ACABADO - BLOCOS DESMOLDADOS.	58
FIGURA 38. CAUSAS DAS RECLAMAÇÕES NOS ANOS DE 2017 E 2018. ERRO! MARCADOR NÃO DEFINIDO.	

FIGURA 39. CUSTOS DA NÃO-QUALIDADE INTERNA.	60
FIGURA 40. REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DAS 4 ETAPAS DE PRODUÇÃO DA CR1.	61
FIGURA 41. CARTÕES USADOS PARA A REALIZAÇÃO DO <i>BRAINSTORMING</i> .	62
FIGURA 42. CARTAZ DE ORGANIZAÇÃO DA INFORMAÇÃO RESULTANTE DO <i>BRAINSTORMING</i> .	63
FIGURA 43. EXEMPLO DA ANÁLISE FMEA.	64
FIGURA 44. MATRIZ DE PRIORIDADES	65
FIGURA 45. ANÁLISE ABC DOS ARTIGOS PRODUZIDOS.	66
FIGURA 46. EXEMPLOS DE DIFERENTES TIPOS DE POROSIDADES.	67
FIGURA 47. DIAGRAMA ISHIKAWA - POROSIDADES	67
FIGURA 48. EXEMPLO DE POROSIDADE LATERAL.	68
FIGURA 49. CORTE POR ESMAGAMENTO.	68
FIGURA 50. FLUXOGRAMA DO CONTROLO DAS PESAGENS ANTES DA IMPLEMENTAÇÃO DO SPC.	70
FIGURA 51. FLUXOGRAMA DO CONTROLO DAS PESAGENS APÓS A IMPLEMENTAÇÃO DO SPC.	71
FIGURA 52. EXEMPLO DOS ALARMES A NÃO CONFORMIDADES DO SPC.	72
FIGURA 53. EXEMPLOS DE DIFERENTES TIPOS DE CONTAMINAÇÕES.	75
FIGURA 54. DIAGRAMA ISHIKAWA - CONTAMINAÇÕES.	75
FIGURA 55. GABINETE DOS PRODUTOS QUÍMICOS ANTES DE SE IMPLEMENTAR O MÉTODO 5S'S.	76
FIGURA 56. ANTES E DEPOIS DA IMPLEMENTAÇÃO DOS 5S'S – ORGANIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO DOS CONTENTORES.	78
FIGURA 57. ANTES E DEPOIS DA IMPLEMENTAÇÃO DOS 5S'S – PÁ DOSEADORA.	79
FIGURA 58. ANTES E DEPOIS DA IMPLEMENTAÇÃO DOS 5S'S – ARMÁRIO DE APOIO.	80
FIGURA 59. ANTES E DEPOIS DA IMPLEMENTAÇÃO DOS 5S'S – MATERIAL DE SEGURANÇA.	81
FIGURA 60. ANTES E DEPOIS DA IMPLEMENTAÇÃO DOS 5S'S – <i>HOTTE</i>	82
FIGURA 61. INFORMAÇÃO DOS LOTES DOS PRODUTOS QUÍMICOS DESATUALIZADA.	83
FIGURA 62. QUADRO DE ATUALIZAÇÃO DOS LOTES	84
FIGURA 63. REÓMETRO ANTES E DEPOIS DE APLICAR O MÉTODO 5S'S.	85
FIGURA 64. EXEMPLO DE GRUMOS DE PRODUTO QUÍMICO.	86
FIGURA 65. REPRESENTAÇÃO DOS DIFERENTES PROBLEMAS NO DOSEAMENTO DOS PRODUTOS QUÍMICOS.	86
FIGURA 66. REPRESENTAÇÃO DA APLICAÇÃO DE UM FLUIDIFICADOR [76].	87
FIGURA 67. ESTADO INICIAL DO BANBURY 001.	88
FIGURA 68. MISTURA CONTAMINADA	88
FIGURA 69. FERRAMENTAS DE LIMPEZA DO BANBURY NO PASSADO.	88
FIGURA 70. FERRAMENTAS DE LIMPEZA ATUAIS DOS BANBURY'S.	89
FIGURA 71. O ANTES E O DEPOIS DO ESPAÇO RESERVADO ÀS FERRAMENTAS DE LIMPEZA.	89
FIGURA 72. ESTADO ANTERIOR E ATUAL DO PISO DE RECARGA - 3º PISO.	90
FIGURA 73. DISPOSIÇÃO ATUAL DOS CACIFOS DE PRODUTO QUÍMICO.	91
FIGURA 74. REPRESENTAÇÃO DA DISPOSIÇÃO CORRETA DOS CACIFOS DE PRODUTO QUÍMICO	96
FIGURA 75. REJEIÇÃO INTERNA EM 2019 DOS ARTIGOS 1521 E 2549	101

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. PROPRIEDADES DA CORTIÇA [4].	10
TABELA 2. APLICAÇÕES DOS COMPÓSITOS DE CORTIÇA [6].	14
TABELA 3. SIMBOLOGIA DO FLUXOGRAMA [27].	21
TABELA 4. COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA ESTUDO DO TRABALHO – FLUXOGRAMA.	21
TABELA 5. ASPETOS CHAVE PARA UMA SESSÃO DE <i>BRAINSTORMING</i> [32, 33].	23
TABELA 6. COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA ESTUDO DO TRABALHO – <i>BRAINSTORMING</i> .	24
TABELA 7. COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA ESTUDO DO TRABALHO – ANÁLISE ABC	26
TABELA 8. DESCRIÇÃO DOS ÍNDICES DA METODOLOGIA FMEA [45, 50].	29
TABELA 9. TIPOS DE FMEA.	30
TABELA 10. COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA ESTUDO DO TRABALHO – FMEA	30
TABELA 11. COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA ESTUDO DO TRABALHO – DIAGRAMA DE ISHIKAWA.	32
TABELA 12. COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA ESTUDO DO TRABALHO-5S'S.	36
TABELA 13. TIPOS DE CARTAS DE CONTROLO [27].	38
TABELA 14. COMPILAÇÃO DE INFORMAÇÃO PARA ESTUDO DO TRABALHO – CARTAS DE CONTROLO	39
TABELA 15. CARACTERÍSTICAS DO <i>SOFTWARE</i> SPC [65].	41
TABELA 16. CONCEITOS DA PROGRAMAÇÃO LINEAR [72, 73].	46
TABELA 17. CUSTOS EXTRAS DA PRODUÇÃO DOS ARTIGOS 1521 E 2549 EM 2018.	69
TABELA 18. PESAGENS AOS PRODUTOS QUÍMICOS CONSTITUINTES DO ARTIGO 1521.	73
TABELA 19. LEVANTAMENTO DOS PRODUTOS QUÍMICOS.	77
TABELA 20. SELEÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS USADOS NOS ARTIGOS DE CLASSE A.	92
TABELA 21. MATRIZ PIJ - SELEÇÃO DOS PRODUTOS QUÍMICOS USADOS NOS ARTIGOS DE CLASSE A E B E CÁLCULO DO q_i .	93
TABELA 22. EXEMPLO DA MATRIZ CJK – CUSTO DE COLOCAR O PRODUTO QUÍMICO J DO CACIFO DA POSIÇÃO K.	94
TABELA 23. AFETAÇÃO DO PRODUTO QUÍMICO AO RESPETIVO CACIFO.	96
TABELA 24. ANÁLISE AO <i>STATUS</i> DAS AÇÕES PROPOSTAS PARA DIMINUIR AS POROSIDADES E AS CONTAMINAÇÕES.	99
TABELA 25. NOTAÇÃO SIMBÓLICA UTILIZADA NA EXECUÇÃO DE UM DIAGRAMA DE PROCESSO.	117
TABELA 26. CRITÉRIO PARA A CLASSIFICAÇÃO DA SEVERIDADE.	119
TABELA 27. CRITÉRIO PARA A CLASSIFICAÇÃO DA PROBABILIDADE.	120
TABELA 28. CRITÉRIO PARA A CLASSIFICAÇÃO DA DETEÇÃO.	120
TABELA 29. ANÁLISE ABC INTEGRAL DOS ARTIGOS PRODUZIDOS EM 2018 NA CR1.	121
TABELA 30. ESTUDO REALIZADO NO ÂMBITO DO MATERIAL EM EXCESSO.	124
TABELA 31. DESVIOS DAS PESAGENS DOS PRODUTOS QUÍMICOS (ARTIGO 1521).	125
TABELA 32. CUSTOS ASSOCIADOS AOS DESVIOS DE PRODUTO QUÍMICO (ARTIGO 1521).	125
TABELA 33. MATRIZ Cjk COMPLETA.	130

ÍNDICE

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	XIII
GLOSSÁRIO DE TERMOS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XIX
1 INTRODUÇÃO	3
1.1 Contextualização	3
1.2 Objetivos e Metodologia	3
1.3 Estrutura da dissertação	4
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Indústria da Cortiça	9
2.1.1 A cortiça.....	9
2.1.2 Descortiçamento	11
2.1.3 Compósitos de cortiça	12
2.1.4 Aglomerado de cortiça com borracha	14
2.1.5 Vulcanização.....	15
2.2 Conceito de Qualidade	17
2.2.1 Ferramentas da Qualidade	20
2.2.1.1 Fluxograma	20
2.2.1.2 Brainstorming	23
2.2.1.3 Análise ABC.....	25
2.2.1.4 FMEA.....	28
2.2.1.5 Diagrama de Ishikawa.....	31
2.2.1.6 5S's.....	34
2.2.1.7 Carta de controlo.....	37
2.2.1.7.1 <i>Software</i> EGITRON SPC Pro	41
2.3 Representação Abrangente do Processo	44
2.4 Programação Linear- Problema de Afetação	45
2.4.1 Problemas de afetação - <i>Solver</i>	46

3	DESENVOLVIMENTO	51
3.1	Apresentação da Empresa	51
3.1.1	Apresentação do processo produtivo da linha CR1	52
3.2	Identificação e quantificação de problemas no processo e produto	58
3.2.1	<i>Brainstorming</i> para levantamento de problemas e possíveis soluções	60
3.2.2	FMEA para aferir o RPN dos problemas levantados.....	63
3.2.3	Diagrama de Ishikawa para analisar as causas dos principais defeitos no produto.....	64
3.2.4	Matriz de Prioridades para avaliar as ações de melhoria propostas.....	65
3.2.5	Análise ABC para identificar os artigos de maior impacto para a organização	65
3.3	Análise das causas e implementação de melhorias	66
3.3.1	Porosidades	67
3.3.1.1	Reduzido tamanho das aparas como causa da porosidade lateral	68
3.3.1.2	Trabalho excessivo da mistura - Implementação do SPC	69
3.3.1.3	Doseamento incorreto dos produtos químicos	73
3.3.2	Contaminações.....	75
3.3.2.1	Condições inadequadas no Gabinete dos Químicos.....	76
3.3.2.2	Lotes desatualizados.....	83
3.3.2.3	Utilização do réometro	84
3.3.2.4	Falhas no doseamento - formação de grumos	85
3.3.2.5	Infiltração com óleos e massas consistentes.....	87
3.4	Outros trabalhos	89
3.4.1	Melhorias no piso de recarga	89
3.4.2	Otimização do processo de doseamento de produtos químicos	90
4	CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS	99
4.1	CONCLUSÕES	99
4.2	PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS	103
5	BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO.....	107
6	ANEXOS	117
6.1	ANEXO A – Notação Simbólica do Diagrama de processo	117
6.2	ANEXO B – Diagrama de processo - Linha de Aglomeração CR	118
6.3	ANEXO C – Tabelas FMEA	119
6.4	ANEXO D – Análise ABC dos artigos produzidos em 2018 na linha CR1	121

6.5	ANEXO E – FCO para controlo de aparas	123
6.6	ANEXO F – Custos associados ao material em excesso em 2018	124
6.7	ANEXO G – Estudo experimental da pesagem dos produtos químicos no caso do artigo 1521	125
6.8	ANEXO H – <i>Layout</i> do Gabinete dos Produtos Químicos	126
6.9	ANEXO I – OPL das boas práticas no Gabinete dos Químicos	127
6.10	ANEXO J – ITQ-0003/1- Instrução de trabalho para controlo do processo de vulcanização	128
6.11	ANEXO K – ITQ-0003/1: Conceitos teóricos	129
6.12	ANEXO L – Tabela Ck – Custo de colocar o produto químico j no cacifo da posição k .	130

INTRODUÇÃO

- 1.1 Contextualização
- 1.2 Objetivos e Metodologia
- 1.3 Estrutura da dissertação

1 INTRODUÇÃO

Nos subcapítulos que se seguem, é feita uma abordagem ao enquadramento, descrição dos objetivos e metodologia do projeto, apresentando também a estrutura da dissertação.

1.1 Contextualização

Com a evolução tecnológica e aumento da oferta em relação à procura, a competitividade nos mercados aumentou substancialmente. Assim, o foco no cliente tornou-se o princípio fundamental para o sucesso das indústrias. Neste panorama, as organizações não podem estagnar, sendo que já não é suficiente adaptarem-se à mudança. É necessário promovê-la, de forma a impulsionar a melhoria contínua e, desta forma, garantir a qualidade e superar as expectativas do cliente.

O mercado da cortiça, ao contrário da maioria dos mercados, tem uma concorrência reduzida, porém concorre com outro tipo de setores que comercializam materiais alternativos. Apesar destes materiais não substituírem a cortiça, visto que esta é uma matéria-prima natural com características únicas, podem ser utilizados nas mesmas aplicações e, geralmente, acarretam custos mais reduzidos para o cliente em relação à cortiça.

Por ser uma matéria-prima natural e, por isso, limitada, surgiu a necessidade de aumentar a gama de produtos e respetivas aplicações, o que deu origem à produção de aglomerados de cortiça com borracha.

Foi neste contexto que surgiu a oportunidade de realizar a dissertação em ambiente empresarial numa indústria que se dedica, entre outras atividades, a produzir a “*Cork-Rubber*”. O desafio consistiu em analisar os problemas de uma linha de produção crítica, propor soluções e criar ações para os minimizar/eliminar, de forma a melhorar a qualidade do produto final.

1.2 Objetivos e Metodologia

O presente trabalho teve como principal objetivo a redução de defeitos, nomeadamente porosidades e contaminações, no produto final de uma linha de aglomeração de cortiça com borracha. Para tal, foi necessário perceber os vários processos que poderiam estar na origem destes defeitos e aplicar as ferramentas e metodologias que aumentassem a qualidade do material produzido, através da minimização ou eliminação dos problemas encontrados.

Assim, recorrendo a um *brainstorming*, foi realizado um levantamento de problemas e possíveis soluções. Com essas informações, contruiu-se um FMEA que auxiliou na identificação das causas dos problemas e no estabelecimento de ações prioritárias para as resolver.

No sentido de compilar a informação fundamental para resolver o problema das contaminações e das porosidades, que eram o principal foco do projeto, foram realizados dois diagramas de Ishikawa, um para cada efeito/defeito.

Criadas as ações, foi elaborada uma matriz de prioridades, de forma a identificar as ações que criavam um maior impacto e que eram de fácil implementação, ou seja, no menor tempo possível e com um investimento reduzido, resolver o desafio proposto. A partir dessa matriz, o trabalho no terreno começou a ser efetuado.

Ao longo do desenvolvimento do projeto, foi necessário recorrer a mais ferramentas, tais como a análise ABC (diagrama de Pareto) e o fluxograma. Foram também realizados vários trabalhos extra, no sentido de otimizar a linha de produção, melhorar as condições de trabalho, padronizar procedimentos, melhorar o controlo do processo e reduzir custos. No fundo, foi aplicado o ciclo PDCA direcionado para a melhoria contínua.

1.3 Estrutura da dissertação

Esta dissertação encontra-se estruturada de forma a permitir uma fácil compreensão da mesma, por parte do leitor. Deste modo:

- No presente capítulo – Introdução – é realizada a contextualização do trabalho e são abordados os seus objetivos e respetivas metodologias utilizadas para os atingir.
- No segundo capítulo – Revisão Bibliográfica – é apresentada toda a pesquisa bibliográfica necessária ao desenvolvimento e fundamentação do trabalho. Desta forma, faz-se uma abordagem aos conceitos relacionados com vários aspetos da indústria da cortiça e são apresentadas as ferramentas utilizadas para a resolução de problemas.
- No terceiro capítulo – Desenvolvimento – é realizada uma breve apresentação da empresa e do processo produtivo, que é o objeto de estudo. Em seguida, são identificados e quantificados problemas no processo produtivo e no produto final.

Após o levantamento dos problemas, efetua-se a análise das causas e são realizadas propostas de melhoria, sendo que parte delas são implementadas. Ainda no final deste capítulo, é apresentado algum do trabalho extra realizado no decorrer do estágio.

- No quarto capítulo - Conclusões e Propostas de Trabalhos Futuros - são apresentados, de forma sintetizada, os objetivos atingidos, resultados e algumas considerações finais

sobre o trabalho desenvolvido. Nesta parte, também são sugeridas algumas propostas para trabalhos futuros.

- No quinto capítulo - Bibliografia e Outras Fontes de Informação - apresentam-se todas as fontes bibliográficas consultadas para a elaboração deste relatório.

- Por fim, no sexto e último capítulo – Anexos – é disponibilizado material de referência para o leitor.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria da Cortiça

2.2 Conceito de Qualidade

2.3 Representação abrangente do processo

2.4 Programação Linear - Problema de Afetação

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Indústria da Cortiça

A cortiça é um material que tem acompanhado a Humanidade desde tempos imemoriais, e que bem cedo se distinguiu em aplicações ligadas à construção, nomeadamente nos países mediterrânicos, de onde provém.

A partir do início do século XX, foi notória a expansão do mercado da cortiça, particularmente face ao desenvolvimento de diversos aglomerados à base de cortiça, tornando-a num material estratégico utilizado para múltiplas aplicações, desde a indústria vinícola à indústria aeronáutica [1].

Atualmente, devido ao desenvolvimento de novos materiais derivados, à melhoria das suas características, à crescente importância da utilização de materiais naturais e sustentáveis e também ao carácter exótico em alguns mercados longínquos, a sua utilização em revestimentos e isolamentos estendeu-se a todo o mundo [1,2].

2.1.1 A cortiça

A cortiça é um material 100% natural, reutilizável e reciclável, cujas aplicações são conhecidas desde a Antiguidade, sobretudo como artefacto flutuante e como vedante. Do ponto de vista ambiental, social ou económico, é um dos materiais mais versáteis do mundo [1,3].

Por definição, a cortiça é o parênquima suberoso originado pelo meristema suberofelodérmico do sobreiro (*Quercus suber L.*), constituindo o revestimento do seu tronco e ramos, ou seja, por outras palavras, a cortiça é a casca da árvore sobreiro. A Figura 1, reflete o aspeto macroscópico da cortiça [1,3].



Figura 1. Espécime de cortiça [6].

Microscopicamente, a cortiça é constituída por camadas de células de aspeto alveolar (Figura 2), cujas membranas celulares possuem um certo grau de impermeabilização e estão cheias de um gás semelhante ao ar, que ocupa cerca de 90% do volume. Num único centímetro cúbico de cortiça, contam-se quase 40 milhões de células. Numa rolha, contam-se 800 milhões [1,3].

Quando a cortiça (Figura 1) é comprimida, as suas células encurvam e dobram, não lhe conferindo praticamente qualquer expansão lateral, havendo uma posterior recuperação. A massa volúmica média da cortiça é cerca de 200 kg/m^3 [1, 3].

Estas caraterísticas fazem da cortiça um material com propriedades que até hoje nenhum processo industrial ou tecnológico a conseguiu igualar. Na Tabela 1 são apresentadas as suas principais propriedades.

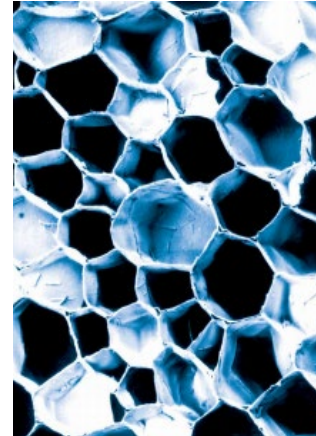








Figura 2. Aspeto microscópico da célula de cortiça [6].

Tabela 1. Propriedades da cortiça [4].

Caraterística	Descrição
 Isolante acústico	A cortiça tem uma baixa condutividade do som e da vibração. Isto acontece porque os elementos gasosos que contém estão fechados em pequenos compartimentos impermeáveis e isolados uns dos outros.
 Isolante térmico	O ar contido nas células torna a cortiça num excelente isolante, resultando numa baixa condutividade térmica e num amplo intervalo de temperaturas.
 Resistência ao fogo e altas temperaturas (ignífuga)	A cortiça é um retardador natural de fogo e não liberta gases tóxicos durante a combustão.
 Elástica e compressível	A cortiça é o único sólido que ao ser apertado num dos lados, não aumenta de volume no outro. Possui ainda uma “memória elástica” que lhe permite adaptar-se a variações de temperatura e de pressão.
 Leve e flutuante	Mais de 50% do volume da cortiça é ar, o que a torna muito leve - pesa apenas 0,20 gramas por centímetro cúbico e tem uma boa capacidade de flutuação.
 Hipoalergénica	A cortiça não absorve pó, por esse motivo, contribui para a proteção contra alergias.

	Impermeável a líquidos e a gases	Graças à suberina e aos ceróides presentes nas paredes das células, a cortiça é impermeável a líquidos e a gases. A sua resistência à humidade permite-lhe envelhecer sem se deteriorar.
	Resistência ao atrito	O facto de as suas células serem formadas por microscópicas almofadas gasosas, torna a cortiça muito confortável e muito útil na indústria do calçado. E, mais do que confortável, é saudável, pois a capacidade de absorver os choques alivia a pressão sobre os pés, protegendo as articulações e a coluna.
	Suave ao toque	Em termos sensoriais, é um produto suave ao toque, com um odor muito característico: não intrusivo e levemente adocicado. Com uma temperatura natural muito aproximada à do corpo humano, transmite uma sensação de conforto difícil de replicar com qualquer outro material.

2.1.2 Descortiçamento

O ciclo de vida da cortiça, enquanto matéria-prima, começa com a extração da casca dos sobreiros, um método conhecido como descortiçamento. São necessários 25 anos até que um tronco de sobreiro comece a produzir cortiça e a ser rentável [5].

Como se pode verificar no esquema da Figura 3, cada tronco tem de atingir um perímetro de cerca de 70 cm quando medido a 1,3 metros do chão. A partir de então, a sua exploração durará em média 150 anos.

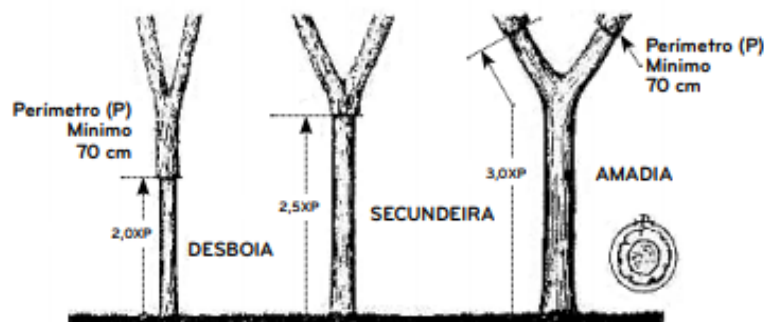


Figura 3. Esquema das três fases de descortiçamento na vida do sobreiro [6].

No primeiro descortiçamento, a chamada desbóia, obtém-se uma cortiça de estrutura muito irregular e com uma dureza que se torna difícil de trabalhar. É a chamada cortiça virgem, que será utilizada em outras aplicações que não as rolhas, uma vez que não tem qualidade suficiente. Após 9 anos, no segundo descortiçamento, obtém-se um material

com uma estrutura regular, menos duro, mas ainda impróprio para o fabrico de rolhas e que se designa por cortiça secundária [5, 7].

É no terceiro descortiçamento, e nos seguintes, que se obtém a cortiça com as propriedades adequadas para a produção de rolhas, uma vez que já apresenta uma estrutura regular, com costas e barriga lisas. É a chamada cortiça amadia ou de reprodução. A partir desta altura, o sobreiro fornecerá, de nove em nove anos, cortiça com boa qualidade durante cerca de século e meio, sendo possível realizar em média 15 descortiçamentos durante toda a sua vida [5, 8].

O descortiçamento do sobreiro (Figura 4) é um processo ancestral, que só pode (e deve) ser feito por especialistas: os descortiçadores. Para não danificar a árvore, ao retirar as pranchas de cortiça, é necessária habilidade manual e muita experiência [5].



Figura 4. Processo de descortiçamento.

Após o descortiçamento, as pranchas de cortiça são empilhadas, de forma a permitir a estabilização da cortiça. Segundo o CIPR (Código Internacional de Práticas Rolheiras), o tempo de repouso das pranchas nunca deve ser inferior a seis meses [5,8].

2.1.3 Compósitos de cortiça

"Retirada a cada nove anos, sem que nenhuma árvore seja cortada durante este processo, a cortiça dá origem a uma infinidade de produtos, desde os tradicionais, aos mais inovadores e inesperados. O principal é a rolha, mas nem toda a cortiça possui os requisitos necessários para se transformar nesse nobre objeto." [3].

Durante o fabrico das rolhas de cortiça natural, são originados desperdícios (pó, aparas e rolhas defeituosas) que representam cerca de 75% a 80% do peso inicial da cortiça preparada. Estes desperdícios são utilizados, juntamente com a cortiça virgem, secundeira e amadia de menor qualidade, no fabrico de aglomerados de cortiça. Ou seja, a matéria-prima de qualidade inferior que não se encontra em condições de ser utilizada para produzir objetos de cortiça natural, juntamente com os desperdícios provenientes do fabrico de produtos de cortiça natural, como as sobras/aparas resultantes da produção de rolhas, visíveis na Figura 5, é aproveitada. [3].






Figura 5. Desperdício resultante da produção de rolhas – as aparas [6].

Assim, após trituração e aglomerada, essa matéria-prima, que à primeira vista não tem grande valor, dá origem a diversos produtos de cortiça aglomerada.

O processamento industrial da cortiça tem como objetivo maximizar o aproveitamento da matéria-prima. Os aglomerados constituem, em termos económicos, o segundo produto mais importante da indústria corticeira, a seguir às rolhas, abrindo a possibilidade da utilização integral de toda a cortiça produzida [7, 8].

O granulado é aglomerado por ação conjunta da pressão, temperatura e de uma resina, que pode ser de origem natural ou sintética (colas). Esta produção, geralmente, resulta em forma de blocos ou cilindros e tem aplicações em diversas áreas. Na Tabela 2 são apresentados alguns exemplos [7, 8].

Tabela 2. Aplicações dos compósitos de cortiça [6].

Calçado	Moda	Design
	 <p data-bbox="592 616 911 707"><i>Corkwear, do designer Todd Bracher para a Handmade, uma exposição da Wallpaper</i></p>	 <p data-bbox="938 616 1334 707"><i>Serpentine Gallery Pavilion 2012, da autoria de Herzog & de Meuron e Ai Weiwei.</i></p>
Desporto	Transportes	Pavimentos
 <p data-bbox="240 1144 568 1236"><i>Caiaques Nelo de cortiça conquistaram 20 medalhas nos Jogos Olímpicos de 2008.</i></p>		

2.1.4 Aglomerado de cortiça com borracha

A cortiça, um material natural por excelência, gera uma série de produtos a partir da sua capacidade de se integrar com outros materiais, tais como borracha, plástico, asfalto, cimento, gesso, caseína, resinas ou colas. Um aglomerado composto com granulados de cortiça e borracha, conhecido por “*Rubber-Cork*” ou “*Cork-Rubber*”, caracteriza-se por ser uma mistura que alia a resiliência da borracha às propriedades da cortiça (resistência mecânica e estabilidade dimensional), o que resulta num produto flexível, elástico e sólido. A junção destes dois produtos, aniquila desvantagens associadas a cada um deles.

Assim, e por apresentar elevada resistência, este tipo de aglomerado é usado, entre outras aplicações, em juntas de motores, na indústria automóvel e naval, na indústria eletromecânica, para isolamento acústico e vibrático, assim como no fabrico de pavimentos antiderrapantes [1, 2].

A produção deste tipo de aglomerado é bastante complexa, pois nas diferentes formulações, para além do granulado de cortiça e da borracha, são também aplicados agentes de vulcanização, anti-oxidantes, aceleradores de polimerização e corantes [1,9]. Na Figura 6 são apresentados seis artigos diferente de “Cork-Rubber”.

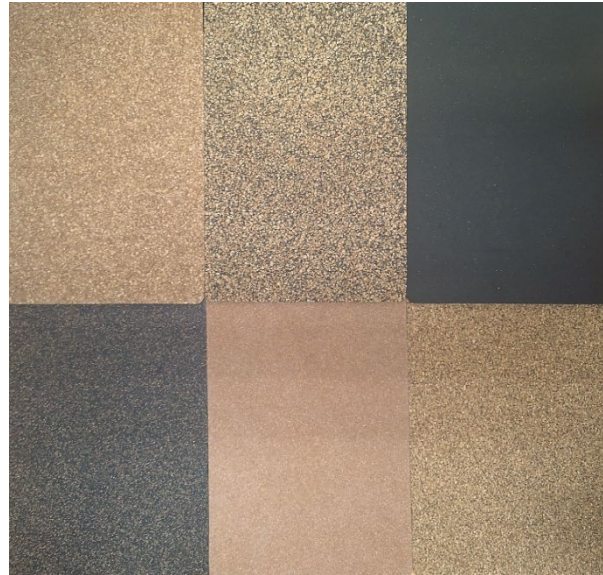


Figura 6. Exemplos de materiais “Cork-Rubber”.

Parte da borracha usada nestes aglomerados pode ser considerada desperdício, pois, normalmente, é obtida a partir da reciclagem de borracha sintética (pneus usados, por exemplo), que após a operação de trituração, é transformada em partículas granuladas. Porém, há artigos em que se utiliza borracha natural, proveniente da seiva da árvore *Hevea Brasiliensis*, o conhecido látex. Relativamente ao granulado utilizado, como já foi referido anteriormente, a cortiça consumida é considerada um subproduto, uma vez que provém da reciclagem de outros produtos de cortiça ou de cortiça virgem, que é a matéria-prima gerada na extração da primeira periderme da árvore. Por estes motivos, este negócio é um paradigma da economia circular [8, 10, 11].

2.1.5 Vulcanização

Charles Goodyear descobriu o processo de vulcanização em 1839, quando, acidentalmente, derramou uma mistura de borracha e enxofre num fogão quente e verificou que a borracha, em vez de derreter, se tinha transformado num material resistente e firme. Goodyear batizou o processo de vulcanização, em homenagem ao deus grego do fogo, Vulcano [12].

Resumidamente, a vulcanização é um processo de reticulação no qual a estrutura química da borracha é alterada e as moléculas ficam ligadas entre si [11, 13].

O esquema da Figura 7 representa a diferença na estrutura molecular entre a borracha vulcanizada e não vulcanizada.

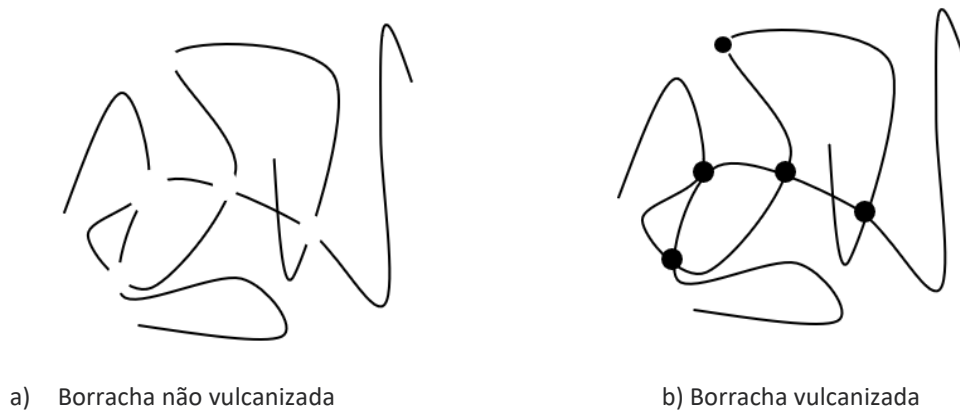


Figura 7. Esquema do processo de reticulação da borracha [13].

O processo de vulcanização sofreu várias modificações desde a sua descoberta, pois para que este processo fosse útil e respondesse a requisitos específicos, foi necessário manipular as propriedades da borracha, controlando a maneira como as moléculas interagem entre si em diferentes estágios, a fim de alcançar as propriedades físicas desejadas. Incluíram-se agentes de vulcanização, tais como o enxofre, óxidos metálicos, peróxidos, aceleradores, ativadores e retardadores, que são usados para produzir as características de vulcanização desejadas e as propriedades do vulcanizado pretendido. Além da utilização dos aditivos, é necessário ter em conta a temperatura e o tempo de vulcanização [10, 13, 14, 15].

A evolução da vulcanização pode ser analisada através da curva reométrica (Figura 8), que é obtida através de um reómetro [13].

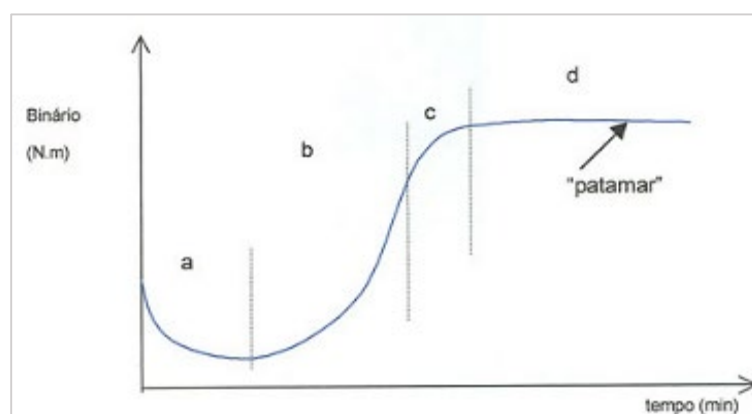


Figura 8. Curva reométrica [13].

Como se pode concluir através da Figura 8, a vulcanização divide-se em quatro fases:

- a) **Pré-vulcanização:** neste período a borracha reduz a sua viscosidade devido à rutura de ligações químicas;
- b) **Fase da subcura:** desenvolve-se o processo de reticulação (criação de pontes de ligação entre a borracha), tornando a estrutura mais rígida;
- c) **Estágio da cura ótima:** atinge-se o grau ótimo de reticulação;
- d) **Fase de sobrecura:** aquecimento excessivo das borrachas para além do tempo de cura ótimo [13].

2.2 Conceito de Qualidade

Segundo a norma ISO 9000, Qualidade significa: “grau de satisfação de requisitos dados por um conjunto de características intrínsecas” [16]. Porém, existem várias definições associadas a este conceito que foram definidas pelos gurus da qualidade (Figura 9).

Os gurus da Qualidade Total foram os responsáveis pelas teorias, técnicas, sistemas, metodologias e ferramentas de qualidade utilizadas ainda hoje. Estes aumentaram a competitividade das empresas e, conseqüentemente, melhoraram a qualidade dos produtos, gerando vantagens para os consumidores [17].



Figura 9. A “Qualidade” no ponto de vista dos gurus [17].

Com a Revolução Industrial, ocorreu uma extraordinária alteração da forma de trabalhar e, conseqüentemente, na forma de avaliar a qualidade do trabalho, pois com a produção em série, os trabalhadores deixaram de controlar o seu próprio trabalho e criaram uma função específica: a de Controlador da Qualidade. Isto permitiu assegurar em pontos específicos que o produto possuía de facto as características desejadas e que, deste modo, as tarefas estavam a ser corretamente executadas [18].

Porém, tendo em conta que a procura era superior à oferta, o controlo de Qualidade não era tão rigoroso, de modo que, para se considerar que um produto tinha a Qualidade desejada, bastava que este cumprisse as especificações definidas pela empresa.

Com o desenvolvimento industrial, verificado em meados do século XX e impulsionado pelo pós 2ª Guerra Mundial, houve um aumento do número de empresas, o que fez com que a procura começasse a ser inferior à oferta. O aumento de concorrência no mercado levou as organizações a evoluírem para um conceito de Qualidade diferente, que lhes desse vantagens competitivas. Assim, a Qualidade foi inserida no processo de fabrico, de forma a garantir a conformidade dos produtos ao longo do processo, permitindo também que as organizações prestassem mais atenção aos seus clientes e às suas necessidades. A sistematização das atividades foi então promovida como forma de redução de defeitos [18, 19].

A aplicação de ferramentas para garantir e controlar a Qualidade dos processos de fabrico, tais como o Controlo Estatístico do Processo, ganhou um forte impulso, o que levou à criação de um conceito novo, o de Garantia da Qualidade. No entanto, com o desenvolvimento económico mundial, houve uma maior concorrência entre as organizações e, deste modo, as oportunidades de mercado tornaram-se cada vez mais escassas devido à maior oferta. Isto criou a necessidade de um planeamento estratégico orientado a criar consciência da qualidade, conceito este que foi apelidado de Gestão da Qualidade [18, 20].

Porém, as organizações percebem que já não era suficiente cumprir com os requisitos dos clientes e produzir com uma reduzida taxa de defeitos, o que as levou a procurar uma maior interação com o cliente, no sentido da sua fidelização pela Qualidade. Isto significa que as organizações tentaram superar as expectativas dos clientes e passaram a envolver todos os parceiros de negócio, em especial os seus colaboradores, numa gestão eficaz e eficiente, com o objetivo de melhorar produtos e otimizar recursos [20, 21].

Com estas alterações, a Qualidade passa a estar envolvida em todas as funções das organizações e profundamente relacionada com a Gestão Estratégica da empresa, dando origem ao conceito de *Total Quality Management (TQM)* [21].

A Figura 10 apresenta uma breve síntese da evolução do conceito de Qualidade ao longo dos tempos.

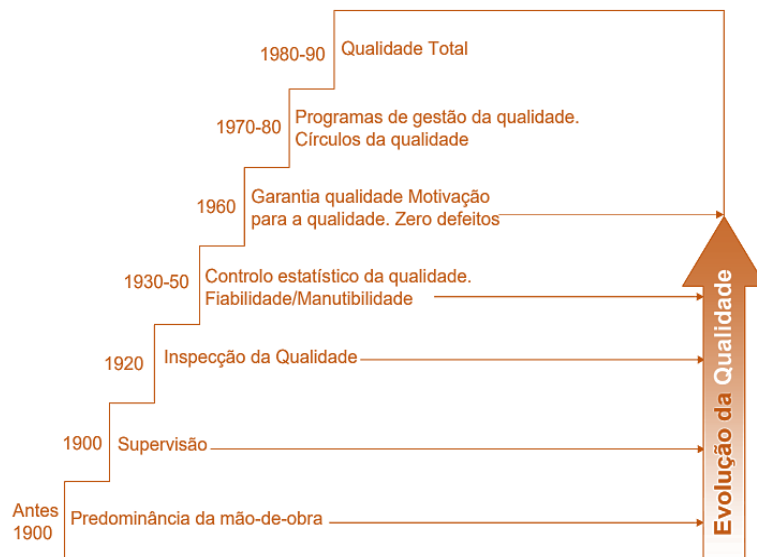


Figura 10. Evolução da Qualidade [21].

A TQM é um modelo de gestão baseado na melhoria contínua, que visa a potencialização dos objetivos, a eficácia e o direcionamento através de um planeamento organizacional sistematizado e que proporciona:

- A melhoria da eficiência operacional;
- A otimização de recursos;
- A redução de custos;
- O aumento da motivação dos colaboradores.

Cada passo dado no sentido da melhoria contínua é apoiado num ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*). Este ciclo é repetido continuamente e intercalado de ciclos SDCA (*Standard, Plan, Do, Check, Act*), até que a perfeição seja alcançada (Figura 11).

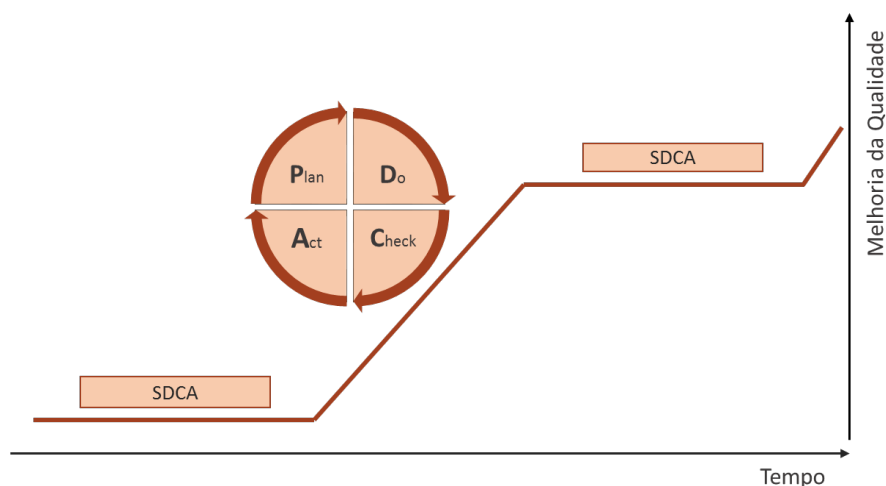


Figura 11. Evolução do Ciclo PDCA.

O ciclo SDCA difere do ciclo PDCA na primeira fase, pois o ciclo SDCA é a evolução do ciclo PDCA, uma vez que, após o planeamento ser executado e os resultados se revelarem satisfatórios, o método, medida ou caminho a ser seguido deve ser padronizado, no sentido de manter as metas. Falconi coloca o ciclo PDCA como modificador do ciclo SDCA, pois é responsável pelo aumento do seu patamar de desempenho/melhoria da qualidade [22, 23].

A qualidade envolve e condiciona toda a organização, particularmente as operações. Como consequência do aumento da oferta generalizada de produtos e serviços, que levou ao aumento de competitividade, a qualidade tornou-se uma condição estratégica para competir, sendo que cada vez mais as organizações procuram a melhoria contínua da Qualidade [24].

2.2.1 Ferramentas da Qualidade

De modo a auxiliar e catalisar a aplicação de metodologias e técnicas na indústria, foram desenvolvidas várias ferramentas da qualidade. Uma ferramenta da qualidade consiste num método numérico ou gráfico, utilizado para auxiliar indivíduos ou equipas a interpretar e melhorar processos. A maioria destas ferramentas foi desenvolvida no Japão, pelos “gurus da qualidade” [17, 21].

O fluxograma, a carta de controlo, o diagrama de Ishikawa, as folhas de verificação, o histograma, o gráfico de dispersão e o diagrama de Pareto, são consideradas as sete ferramentas clássicas da qualidade, por serem as mais utilizadas e poderosas no que diz respeito a resolver problemas de Qualidade [21, 23].

De seguida, serão descritas as várias ferramentas da qualidade utilizadas neste trabalho. Para cada ferramenta, fez-se uma breve descrição do conceito e um estudo da literatura da mesma. Para expor esse estudo, recorreu-se a uma tabela, na qual são apresentados, de forma sucinta, quatro projetos realizados com auxílio da ferramenta em questão, que deram origem a artigos científicos.








2.2.1.1 Fluxograma

Um fluxograma é uma ilustração sequencial que permite decompor visualmente um processo num diagrama através de símbolos gráficos (Tabela 3). Representa a sequência de todos os passos de um processo, mostrando como cada etapa está relacionada com as anteriores e subsequentes. Este diagrama pode também servir para identificar quais as atividades que acrescentam ou não valor ao produto/processo [25, 26].

Esta ferramenta é muito útil, podendo ter as seguintes aplicações:

- Melhorar a compreensão do processo de trabalho;
- Mostrar como o trabalho deve ser feito;
- Criar um padrão de trabalho ou uma norma de procedimento [26, 27].

Tabela 3. Simbologia do Fluxograma [27].

	Indica o início ou fim do processo.
	Indica cada atividade que precisa de ser executada.
	Indica um ponto de tomada de decisão.
	Indica a direção do fluxo.
	Indica os documentos utilizados no processo.
	Indica uma espera.
	Indica que o fluxograma continua a partir desse ponto.

Na Tabela 4 são apresentados, de forma resumida, quatro projetos realizados com auxílio do fluxograma.

Tabela 4. Compilação de informação para estudo do trabalho – Fluxograma.

Referências Bibliográficas	Descrição do trabalho
(Santos <i>et al</i> , 2017) [28]	<p>Este trabalho teve como objetivo a criação de um procedimento que ajude os projetistas a selecionarem e alterarem os materiais utilizados para peças de veículos comerciais, de forma a diminuir o peso dos mesmos e, conseqüentemente, reduzir as emissões de gases poluentes e economizar combustível, aumentando assim o desempenho e a eficiência.</p> <p>Deste modo, foi criado um fluxograma com perguntas relevantes e caminhos de resposta, permitindo ao projetista reavaliar facilmente nos materiais atualmente em uso e trazer à discussão novos materiais e processos de fabrico.</p> <p>Como conclusão principal, os autores sugerem a utilização de materiais fundidos ferrosos e leves como uma boa alternativa na redução do peso dos componentes dos veículos.</p>

(Neves *et al*,
2018) [29]

Este trabalho está focado na identificação e eliminação de desperdícios durante um processo de tecelagem e visa, através da melhoria contínua, padronizar os processos e garantir lucro. Para tal, o processo produtivo foi inicialmente dissecado com auxílio do fluxograma, de forma a ser possível a perceção e análise das suas diferentes etapas. Depois, foram identificados os desperdícios, problemas de qualidade e averiguadas as respetivas causas. Com vista a eliminar/minimizar as causas, foram aplicadas metodologias como o ciclo PDCA, 5S's e 5W2H, que se traduziu num impacto significativo no processo de tecelagem, com ganhos de 10% de tempo útil disponível pelo operador, representando uma considerável melhoria de produtividade nesse tipo de indústria. Este trabalho pode ser expandido para a atividade geral da empresa.

(Khawajaa *et al*,
2019) [30]

A principal novidade, como resultado deste estudo, tem a ver com o impacto de escolher a melhor estratégia de gestão energética num sistema de energia híbrida fotovoltaico/bateria/diesel/hidrogénio. Isto pode levar a um melhor desempenho, reduzindo o número de horas de trabalho dos geradores a *diesel* e células de combustível, aumentando a utilização de células fotovoltaicas. Como resultados práticos, a aplicação da *framework* desenvolvida permitiu uma redução das células fotovoltaicas de 140 kW para 60 kW, assim como na diminuição do tamanho do tanque de hidrogénio para metade. O tempo de trabalho do gerador a *diesel* diminuiu também em 35 %, permitindo um abate final no custo total de energia de 40 %.

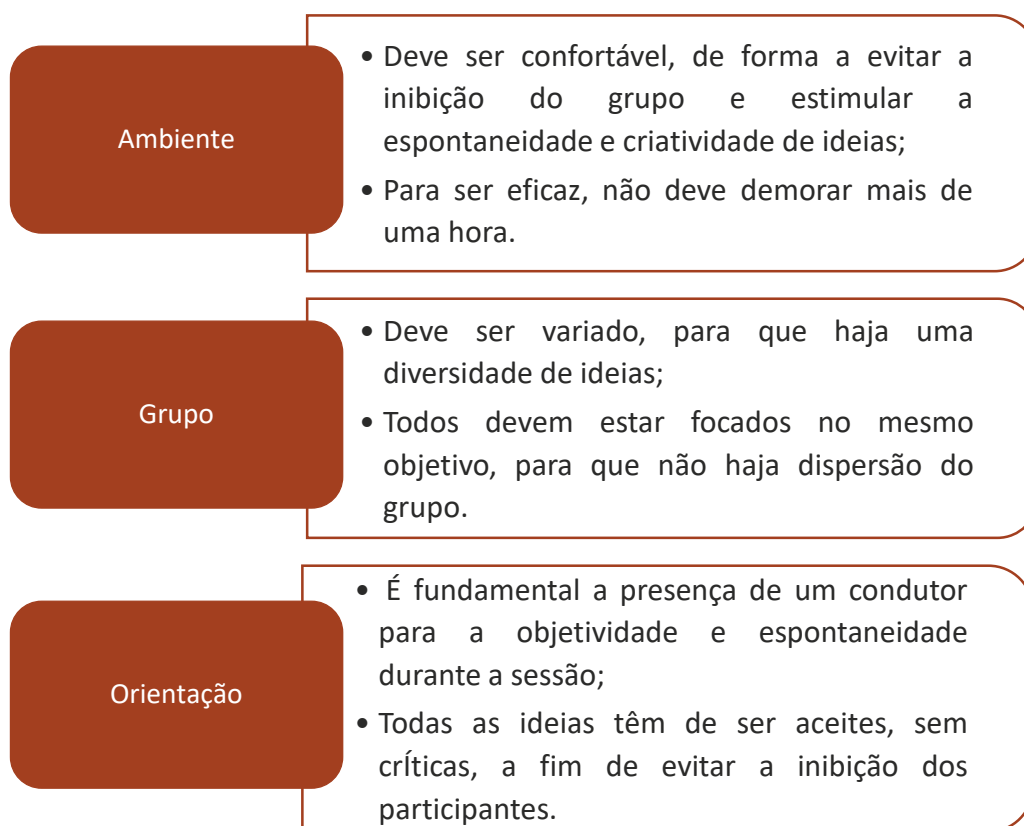
(Silva *et al*,
2018) [31]

O objetivo deste trabalho prendeu-se com a otimização dos parâmetros de injeção e configuração dos moldes numa liga de Zamak (usada para fabrico de peças de estética com acabamentos complexos), de modo a utilizar apenas uma operação de fundição injetada. Foi utilizado um fluxograma, com o objetivo de escolher qual a metodologia a usar (empírica ou avançada), em função da necessidade de ajustar os parâmetros de fundição e avaliar a qualidade da superfície de uma determinada peça de estética, resultante do processo de fundição injetada sob pressão. Após as experiências realizadas, foi possível a construção de alguns guias, que têm como objetivo a criação de peças estéticas em ligas Zamak de melhor qualidade e a redução do tempo desperdiçado a testar outras alternativas.

2.2.1.2 Brainstorming

O *brainstorming*, apesar de não fazer parte das sete ferramentas básicas da qualidade, é uma ferramenta simples, que pode ser utilizada em qualquer situação, desempenhando um papel essencial na resolução de problemas. A técnica, criada pelo publicitário Alex Osborn, tem o propósito de criar um ambiente propício ao desenvolvimento de uma “tempestade de ideias” e caracteriza-se por ser um método aplicado num grupo de pessoas, de forma a potenciar o trabalho de equipa e a criar sentimentos de comprometimento e responsabilidade com a causa a ser analisada [23,32]. Na Tabela 5 são apresentados os aspetos chave para uma sessão de *brainstorming*.

Tabela 5. Aspetos chave para uma sessão de *brainstorming* [32, 33].



O procedimento para a realização de uma sessão de *brainstorming* resume-se nos seguintes passos:

- 1) Introdução: apresenta-se a questão a ser pensada;
- 2) Discussão: discute-se a questão, ou seja, é nesta fase que acontece a “tempestade de ideias” propriamente dita;
- 3) Registo: registam-se todas as ideias;
- 4) Seleção: eliminam-se ideias repetidas;

5) Ordenação: priorizam-se as ideias. Nesta fase, podem ser utilizadas ferramentas auxiliares como, por exemplo, uma matriz de prioridades e o diagrama de Ishikawa [32, 33].

Na Tabela 6 são apresentados, de forma resumida, quatro projetos realizados com auxílio do *brainstorming*.

Tabela 6. Compilação de informação para estudo do trabalho – *Brainstorming*.

Referências Bibliográficas	Descrição do trabalho
(Zainol, <i>et al</i> , 2009) [34]	Este estudo analisa dois fatores relacionados com um <i>brainstorming</i> : a perda de produtividade durante o mesmo e o domínio do tema que está na origem do <i>brainstorming</i> , por parte dos intervenientes. O bloqueamento de produtividade está inversamente relacionado com a <i>performance</i> do grupo no <i>brainstorming</i> . No entanto, quando há um grande domínio do tema por parte dos intervenientes, a <i>performance</i> do <i>brainstorming</i> aumenta também. Os resultados deste estudo apresentam particular relevância num contexto de indústria, onde se recorre a esta ferramenta com alguma regularidade.
(Moulin <i>et al</i> , 2015) [35]	Este artigo apresenta um sistema, cujo objetivo principal é o de conseguir tirar o maior proveito do <i>brainstorming</i> , quando estes são feitos remotamente entre diferentes equipas e, sobretudo, quando os resultados do <i>brainstorming</i> não são tangíveis (notas escritas, por exemplo). Este sistema é composto por dois canais: o canal dos recursos, onde é guardada a informação resultante da partilha de dados entre as equipas; e canal de vídeo, que permite a proximidade de equipas separadas remotamente. É a partir deste canal que a sessão de <i>brainstorming</i> fica guardada (formato de vídeo). O sistema está a ser implementado e usado, no entanto, há ainda desenvolvimentos que podem ser feitos.
(Litcanu <i>et al</i> , 2015) [36]	Este trabalho compara dois métodos para a criação de ideias, o <i>brainstorming</i> e o <i>brain-writing</i> . Este último é um método alternativo ao <i>brainstorming</i> e visa a partilha silenciosa de ideias, auxiliando as pessoas mais inibidas em grupo. Assim, foi criado um grupo de seis participantes e um moderador. Cada participante pensa em três ideias a cada cinco minutos. As ideias são anotadas e transmitidas ao próximo participante, que as usa como inspiração para as suas próprias ideias. Após seis rodadas em 30 minutos, foram geradas 108 ideias. Os autores concluíram que o <i>brain-</i>

writing minimizou o efeito da diferença de *status*, conflitos interpessoais e domínio de alguns membros do grupo, o que permitiu, no caso deste estudo, resolver rapidamente pequenas falhas no sistema ligado ao setor de energia. Após a aplicação dos dois métodos, os alunos foram questionados e, aproximadamente 67% preferem o *brain-writing*.

(Shen *et al*,
2016) [37]

Este artigo propõe um novo algoritmo para identificação de proteínas complexas, tendo por base uma estratégia de *brainstorming* (IPC-BSS). Este algoritmo foi inspirado no processo de *brainstorming* humano e recorre a técnicas de análise de dados como o algoritmo *K-means*. Os resultados experimentais mostram que este algoritmo supera a *performance* dos algoritmos tradicionais, quando usados em leveduras e *PPI networks* (*protein-protein interaction network*), tendo a capacidade de prever proteínas complexas com importância biológica.

2.2.1.3 Análise ABC

A análise ABC, baseia-se na regra de Pareto (regra 80/20) e é um método que permite classificar um conjunto de artigos em três classes: A, B e C, no sentido de estabelecer prioridades em função do impacto que têm para a organização [38].

Na Figura 12 é possível analisar um diagrama de Pareto, ao qual está associada uma análise ABC, onde:

- A Classe A compreende cerca de 20% das causas que representam 80% dos efeitos. Por exemplo: 20% dos artigos dão origem a 80% da produção/faturação, ou seja, corresponde aos artigos mais importantes;
- A Classe B compreende cerca de 30% das causas que representam 15% dos efeitos. Por exemplo: 30% dos artigos dão origem a 15% da produção/faturação, ou seja, nesta classe enquadram-se os artigos de importância intermédia;
- E a Classe C compreende cerca de 50% das causas que representam os restantes 5% dos efeitos. Por exemplo: 50% dos artigos estão na origem de apenas 5% da produção/faturação, ou seja, a esta classe pertencem os artigos menos relevantes para a organização [38, 39].

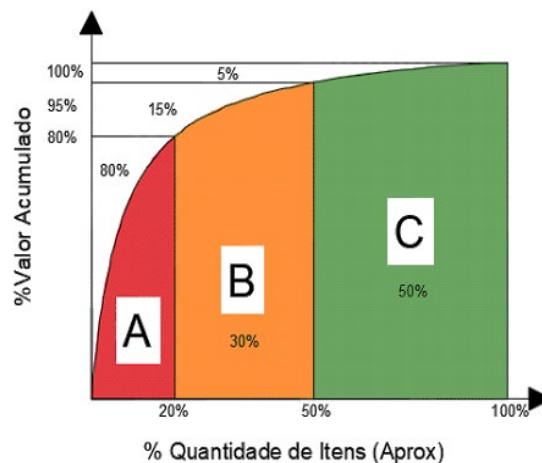


Figura 12. Representação da curva ABC [40].

Este gráfico ordena a frequência das ocorrências, da maior para a menor. Desta forma, permite a fácil identificação das causas ou problemas mais importantes em várias áreas, como nas vendas, produção, inventário, avarias, defeitos, entre outras, e conseqüentemente, a priorização das causas do problema que devem ser resolvidas inicialmente [39].

Na Tabela 7 são apresentados, de forma resumida, quatro projetos realizados com auxílio da análise ABC.

Tabela 7. Compilação de informação para estudo do trabalho – Análise ABC

Referências Bibliográficas	Descrição do trabalho
(Barbosa <i>et al</i> , 2017) [41]	<p>Este trabalho teve como principal objetivo melhorar o desempenho e a taxa de qualidade na produção de pneus. Além da identificação das principais causas que originam os defeitos, também foram propostas ações no sentido de melhorar o funcionamento do processo de produção.</p> <p>Ao aplicar a metodologia Seis Sigma, foram identificadas variáveis que influenciam a qualidade da produção. O ciclo DMAIC foi também usado na análise de processos, permitindo a identificação de diferentes causas que afetam negativamente o processo. Finalmente, através de uma análise de Pareto, baseada na taxa de não conformidades, foram estabelecidas as principais causas dos problemas e, posteriormente, foram desenvolvidas várias experiências no sentido de alcançar os objetivos no que toca à melhoria da qualidade da produção. Em conclusão, no que diz respeito ao fabrico do produto final, o principal problema foi identificado: o ar que fica retido no interior do pneu, tem a ver</p>

principalmente com deficiências na produção e montagem do cordão.

(Santos *et al*,
2018) [42]

Este artigo foca-se na análise de custos de má qualidade (CoPQ) numa indústria de fabrico de autocarros. O principal objetivo foi melhorar o indicador de custos de qualidade, fornecendo meios para avaliar o custo de falhas no processo produtivo.

A análise do processo foi feita com base no ciclo PDCA. Inicialmente, foi calculado e analisado o CoPQ, posteriormente foi elaborado um diagrama de Pareto, de modo a identificar as atividades mais significativas e concluiu-se que o retrabalho representa 54% do CoPQ geral, tornando-se a principal preocupação no panorama estratégico. Com auxílio desta ferramenta, também se dividiu o CoPQ por produto, que permitiu perceber o CoPQ associado a cada um.

Como principais resultados, foram identificados os custos da qualidade e respetivas fontes, desenvolveram-se KPIs para apoiar a tomada de decisões e um indicador gráfico para comparar os custos de qualidade e os de não de qualidade.

(Costa *et al*,
2017) [43]

O objetivo deste estudo foi melhorar o processo de extrusão de borracha de pneus (no piso e na parede lateral), uma vez que um dos indicadores de *performance* dos sistemas de produção estava abaixo do objetivo. De forma a descobrir as causas que estavam na origem do problema, foi realizado, entre outros processos, uma análise ABC (diagrama de Pareto). A empresa que adotou esta abordagem sofreu um impacto financeiro elevado, pois após se ter identificado e corrigido o problema, esta obteve uma poupança anual na ordem dos 165 milhões de euros.

(Yu *et al*,
2011) [44]

Este artigo expõe a tese de que a análise ABC tradicional deve ser substituída por abordagens de classificação multicritério, de forma a criar uma gestão do inventário mais eficiente, ao ter em consideração outros parâmetros importantes de classificação. O estudo realizado propõe o uso de técnicas de classificação multicritério, baseadas em inteligência artificial e aplicadas à análise ABC. Estas técnicas devem ser aplicadas e são mais úteis em organizações que possuem um inventário com milhares de itens.

2.2.1.4 FMEA

A metodologia de análise do modo de falha e o seu efeito, conhecida como FMEA (do inglês *Failure Mode and Effect Analysis*), é uma ferramenta orientada à identificação dos modos como um produto, processo ou serviço pode falhar, e à viabilização de orientações para a eliminação ou redução do risco relativo a essas falhas, a fim de serem criadas ações de melhoria, de se proteger o cliente e, conseqüentemente, aumentar a sua satisfação [45, 46].

Assim, para o desenvolvimento de um FMEA é necessário identificar:

- As potenciais causas da falha, que são os fatores que provocam o modo de ocorrência da falha. A descrição destas causas pode variar, desde um cariz básico até uma análise detalhada das causas raiz;
- Os potenciais modos de falha, que são definidos como a forma através da qual o processo pode potencialmente falhar em atender aos requisitos do processo;
- E os potenciais efeitos de falha, que são definidos como a falta de capacidade de um sistema, subsistema, componente, atividade ou tarefa, para desempenhar a função requerida. Os efeitos da falha descrevem o que acontece quando um modo de falha ocorre [48, 49].

Este método de gestão de qualidade é, essencialmente, preventivo, porém é usado para rever procedimentos, corrigir erros e criar oportunidades de melhoria. Ao longo do tempo, o acrónimo FMEA, passou a designar-se de modo genérico FMECA, onde a avaliação de criticidade lhe está associada. Deste modo, tem-se a análise dos modos, efeitos e criticidade da falha (FMECA) como resultado de duas metodologias:

- *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA);
- *Criticality Analysis* (CA).

A análise de criticidade é realizada por meio do índice *Risk Priority Number* (RPN), que estima o risco associado às falhas ocorridas. Para cada falha, é efetuada uma estimativa do efeito total da gravidade, da ocorrência e da deteção, conceitos que são definidos na Tabela 8 [45].

Tabela 8. Descrição dos índices da metodologia FMEA [45, 50].

Índices FMEA	Descrição
Deteção (D)	Índice que avalia a capacidade dos controlos atuais, do produto ou do processo, na deteção da causa ou do modo de falha, antes do produto chegar ao cliente.
Gravidade (S)	Índice que mede o nível de impacto que um efeito, de um determinado modo de falha, pode ter no processo ou produto.
Ocorrência (O)	Esta variável designa a frequência ou probabilidade de aparecimento de cada modo ou causa de falha.

A avaliação possível para estes parâmetros está padronizada nas tabelas do Anexo C, e o procedimento deve seguir os mesmos critérios até o FMEA estar concluído.

A classificação dos índices é estimada recorrendo a uma escala de 1 a 10, sendo que, nos casos da gravidade e da ocorrência, quando mais elevada for a classificação, mais grave é o efeito e maior é a frequência com que este ocorre. No caso do índice de deteção, a classificação é considerada na ordem inversa, ou seja, quanto mais elevada é a avaliação, menos provável é a deteção [45, 47, 50]

O produto dos três índices resulta no RPN, como se pode verificar no esquema da Figura 13 [23, 33].

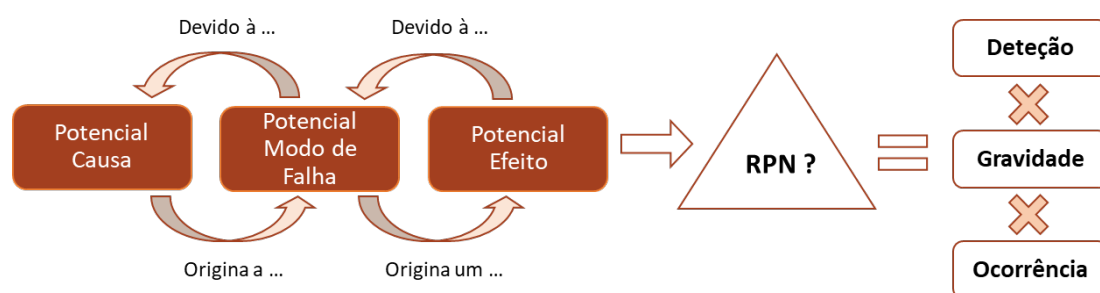


Figura 13. Representação esquemática de um FMEA.

Se o RPN for superior a 100, significa que é urgente desencadear uma ação corretiva, com o objetivo de reduzir este índice para um valor inferior. Cada ação corretiva deve indicar qual o tipo de ação a desencadear, de quem é a responsabilidade da ação e os resultados esperados após a implementação dessa ação [23, 33].

A análise FMEA pode ser classificada de acordo com a sua aplicação. Alguns autores defendem a existência dos quatro tipos, apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Tipos de FMEA.

FMEA de Sistemas	Para analisar sistemas no início da concepção do projeto.
FMEA de Projeto	Para analisar projetos antes de serem produtos.
FMEA de Processo	Para analisar os processos de produção.
FMEA de Serviço	Para analisar serviços antes de chegarem ao consumidor.

Contudo, FMEA de produto e FMEA de processo são as principais tipologias utilizadas [48].

Na Tabela 10 são apresentados, de forma resumida, quatro projetos realizados com auxílio da metodologia FMEA.

Tabela 10. Compilação de informação para estudo do trabalho – FMEA

Referências Bibliográficas	Descrição do trabalho
(Cândeia <i>et al</i> , 2014) [51]	Neste artigo é apresentado um processo FMEA inovador, que tira proveito de um sistema baseado no conhecimento, recorrendo à técnica de raciocínio baseado em casos e que tem o objetivo de reduzir o tempo e esforço associados a uma análise FMEA tradicional. Foi necessário recorrer a um conjunto vasto de peritos sobre FMEA para construir uma base de conhecimento forte. Foi também desenvolvida uma interface <i>web</i> que permite o acesso de vários tipos de utilizadores ao sistema. Os primeiros resultados deste projeto, sugerem a sua viabilidade para o uso na indústria.
(Liu <i>et al</i> , 2013) [52]	Este artigo reflete a possibilidade de conjugar FMEA com FTA (<i>Fault Tree Analysis</i>), num processo assistido por computador que permite resolver problemas na indústria (fotovoltaica, neste caso de estudo). Recorrer ao uso mais tradicional do FMEA para encontrar os elementos base mais críticos que estão na origem dos problemas, é um processo difícil e demorado, principalmente quando aplicado a alguns tipos de indústria referidos neste artigo. O procedimento de análise proposto neste estudo é útil para encontrar os componentes mais críticos, tendo por base a construção de uma árvore de erros, em que no topo se encontra o elemento que mais preocupação causa para a organização e que se pretende minimizar ou mesmo eliminar.

(Ahire *et al*, 2012) [53]

O objetivo do trabalho desenvolvido neste artigo foi o de tentar estabelecer uma relação entre OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) e FMEA. OEE consiste numa medida de *performance* e produtividade, que se obtém através de simples cálculos que juntam diferentes parâmetros e medem o peso que cada um tem na redução da produtividade. Ao aplicar a metodologia FMEA, é possível descobrir a causa raiz na origem do resultado da medida de OEE. Foram testadas várias hipóteses de possíveis relações entre OEE e FMEA, e observou-se que alguns fatores têm uma relação positiva e outros têm impacto numa relação negativa.

(Kang *et al*, 2017) [54]

O estudo apresentado neste artigo foi realizado com o objetivo de analisar o risco e confiabilidade associados a uma turbina eólica flutuante (FOWT, do inglês *Flowting Offshore Wind Turbine*), recorrendo a uma análise FMEA modificada (*correlation-FMEA*). Foi estudada a ligação entre os modos de falha e seus efeitos e a probabilidade de falha total do sistema. Entre outras conclusões deste estudo, está o facto de a probabilidade de falha elétrica ser superior à de falha mecânica. Os autores do estudo conseguiram também concluir que o uso do *correlation-FMEA* tem bastante potencial e poderá ser facilmente adaptado a outros sistemas e áreas da engenharia.

2.2.1.5 Diagrama de Ishikawa

Denominado por diagrama de Ishikawa, devido ao seu inventor Kaoru Ishikawa, ou diagrama espinha de peixe, consequência do seu formato visual, permite identificar, ordenar e expor possíveis causas de um efeito que se traduz num problema de qualidade (Q), custo (C) ou data de entrega ao cliente (D) em específico.

As causas (processos) subdividem-se em seis categorias: materiais, máquinas, mão-de-obra, medidas, métodos e meio ambiente (os 6 M's), como se pode verificar na Figura 14 [23, 46].

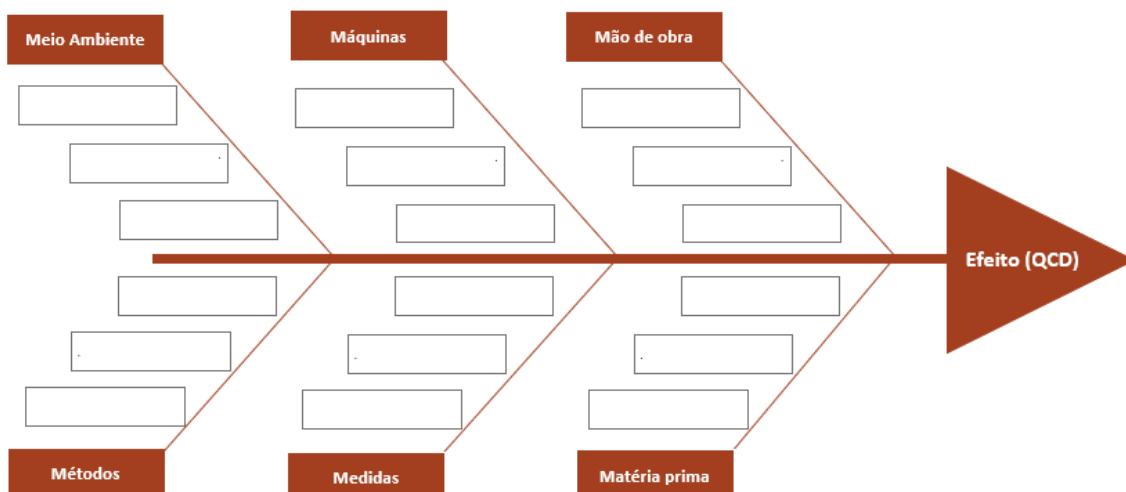


Figura 14. Representação esquemática do diagrama de Ishikawa.

Esta é uma das sete ferramentas da qualidade, que se revelou eficaz na redução do tempo e esforço das equipas para resolver os problemas que foram surgindo [23, 27].

Na Tabela 11 são apresentados, de forma resumida, quatro projetos realizados com auxílio do diagrama Ishikawa.

Tabela 11. Compilação de informação para estudo do trabalho – Diagrama de Ishikawa.

Referências Bibliográficas	Descrição do trabalho
(Costa <i>et al</i> , 2017) [43]	<p>Este trabalho teve como objetivo melhorar um processo de extrusão de borracha, com o objetivo de reduzir o material não conforme (<i>work-off</i>) gerado. Para tal, adotou-se a metodologia <i>Six Sigma</i> e o ciclo DMAIC. Desta forma, começou-se por definir e planear o projeto, recorrendo-se ao gráfico de Gantt e ao diagrama do SIPOC. Posteriormente, mediu-se o desempenho do processo através de um plano de recolha de dados. Para analisar e estabelecer relações de causa e efeito dos problemas levantados, foi utilizado o método Ishikawa. De seguida, aplicou-se o diagrama de Pareto, de maneira a serem avaliadas as principais causas. Por fim, foram implementadas ações de melhoria, o processo foi monitorizado e procedeu-se à quantificação do impacto decorrente das ações implementadas. Como resultado, verificou-se uma redução de 0,89% no indicador de <i>work-off</i>, que se refletiu num impacto financeiro significativo (mais de 165.000 € por ano) nas despesas de qualidade da empresa.</p>

(Tavares *et al*, 2018) [55]

Neste estudo, foi feito um controlo estatístico sobre o produto obtido, após um processo de branqueamento têxtil, usando uma máquina de vapor. Os tecidos constituídos por 100 % de algodão representam um problema para as empresas que trabalham com os mesmos, tendo em conta a dificuldade em criar um processo *standard* de branqueamento nos diferentes lotes de produção. Recorrendo a um diagrama de Ishikawa, foi possível organizar cada uma das causas e efeitos durante o processo de branqueamento do material, avaliando vários parâmetros associados à fábrica, à máquina de vapor e aos processos de desengomagem e branqueamento. A implementação do novo *roadmap* de produção para tecidos com 100 % de algodão, permitiu aumentar a capacidade produtiva para tecidos de malha branqueada.

(Neves *et al*, 2018) [29]

Este trabalho teve como objetivo a identificação de problemas e das respetivas soluções, combinando um conjunto de ferramentas como o ciclo PDCA, 5S's e 5W2H numa solução de melhoria contínua, com vista à criação de *standards* para os vários processos de produção numa empresa de tecelagem. O uso do diagrama de Ishikawa teve um papel importante na identificação das causas raiz por detrás das não-conformidades detetadas. A falta de manutenção preventiva e distribuição ineficiente da luz pelos teares, foram alguns dos problemas identificados. Como resultado do estudo, após a aplicação da solução, com várias ações de melhoria, foram apresentados ganhos de 10% de tempo útil por parte dos operadores.

(Santos *et al*, 2018) [42]

Os autores deste artigo focaram-se na análise aos custos associados à não qualidade na indústria automóvel, particularmente no fabrico de autocarros. Durante este processo de análise, sempre baseado no PDCA (*Plan, Do, Check, Act*), foi possível identificar os custos associados à não qualidade, assim como as fontes originadoras desses custos e, conseqüentemente, várias oportunidades de melhoria. Na primeira fase do ciclo, o planeamento, de forma a identificar as atividades que estiveram na origem dos custos, foi construído um diagrama de Ishikawa. Material danificado e rejeitado, assim como atrasos e ineficiências na produção, foram alguns dos problemas identificados. Através deste trabalho, foram também desenvolvidos alguns KPI's, com o objetivo de auxiliar na tomada de decisões futuras.

2.2.1.6 5S's

A metodologia dos 5S's refere-se a um conjunto de cinco práticas (Figura 15) que se destinam a reduzir o desperdício e a melhorar o desempenho das pessoas e processos através de uma abordagem muito simples, que assenta na manutenção das condições ótimas dos locais de trabalho [23].

Uma importante consequência da implementação desta metodologia está relacionada com a redução dos desperdícios, o que significa menos espaço ocupado no armazenamento de material e equipamentos que, por si só, remete para uma diminuição do trabalho desnecessário e dos tempos de *setup*, que, conseqüentemente, se refletem em aumentos de produtividade [23, 56].

Esta metodologia assenta sobre cinco palavras japoneses, iniciadas pela letra "S", que têm os seguintes significados:

- Seiri (Organização): é a primeira etapa da metodologia e consiste na organização do local de trabalho através de uma triagem, ou seja, identificar todas as ferramentas e materiais, mantendo apenas os itens essenciais. Isso leva a uma redução dos riscos e da confusão que pode interferir no trabalho, tornando-o mais produtivo [23, 57].
- Seiton (Arrumação): após a triagem, o método concentra-se na necessidade das ferramentas, equipamentos e materiais serem arrumados e organizados, para permitir um acesso mais fácil e eficiente. Deve haver um lugar para tudo e tudo deve estar no seu lugar [23, 57].
- Seiso (Limpeza): Esta etapa caracteriza-se por ser paralela às duas anteriores. Indica a necessidade de uma limpeza regular de equipamentos, ferramentas e superfícies de trabalho. Sempre que o material deixa de ser utilizado, deve ser limpo, para que esteja disponível quando houver necessidade. [23, 57].
- Seiketsu (Normalização): Esta etapa consiste em criar normas e boas práticas comuns para manter um plano de melhoria continua. Para isso, é fundamental formalizar regras gerais de arrumação e limpeza para os postos de trabalho, identificar ajudas visuais e procedimentos, de forma a normalizar todos os postos de trabalho [23, 57].

- Shitsuke (Autodisciplina): Esta última etapa consiste em sistematizar todas as regras e decisões que foram implementadas nos 4S's anteriores, promovendo o processo de melhoria contínua. Através do senso comum de organização e limpeza, as rotinas deixam de ser uma obrigação, e tornam-se um hábito. Para isto, deve-se inculcar nos colaboradores a responsabilidade de manter este processo como um hábito do dia-a-dia, tornando-se uma prática comum da organização [23, 57].

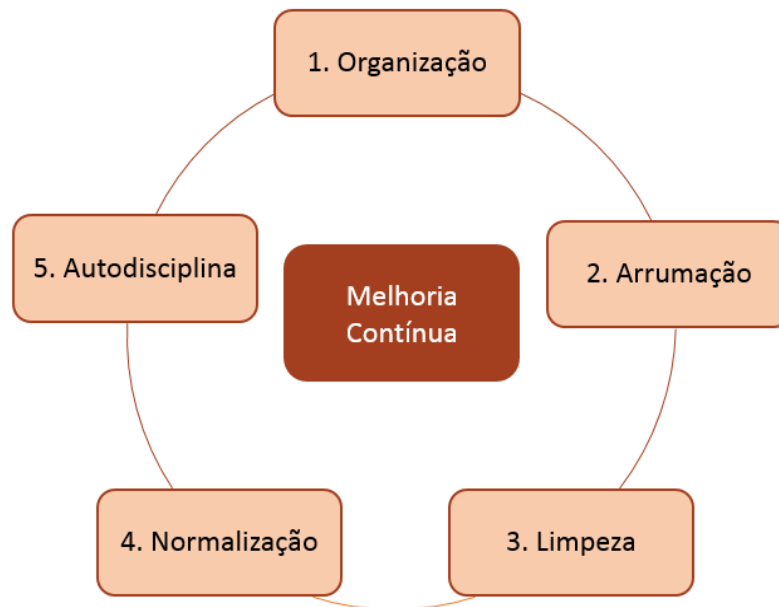


Figura 15. Método 5S's.

A metodologia 5S's é um dos três pilares da melhoria contínua no *gemba*. Estas cinco etapas representam um ponto de partida para qualquer empresa que procura ser reconhecida, respeitada e valorizada pelo cliente, sendo que deve ser sempre uma das primeiras ações a ser praticada em qualquer organização, serviço ou indústria [46, 58]. Porém, cada vez mais as organizações vão acrescentando um sexto "S" à lista anterior (Metodologia 6S). Trata-se do "S" da segurança, que está associado aos anteriores. No dia-a-dia de uma empresa, as rotinas que mantêm a ordem e a organização são essenciais, não só para a otimização e eficiência das atividades realizadas, mas também para a melhoria das condições de trabalho, onde, claramente, a segurança é um pilar fundamental [23].

Na Tabela 12 são apresentados, de forma resumida, quatro projetos realizados com auxílio da metodologia 5S's.

Tabela 12. Compilação de informação para estudo do trabalho-5S's.

Referências Bibliográficas	Descrição do trabalho
(Santos <i>et al</i> , 2018) [59]	<p>Este trabalho foi realizado numa empresa que produz pneus. O objetivo foi melhorar o desempenho dos equipamentos, de forma a obter maior confiabilidade e precisão nos movimentos das máquinas, bem como aumentar a produtividade e, conseqüentemente, reduzir os custos de operação, limitando o número de avarias.</p> <p>As ações implementadas focaram-se sobretudo em alterações técnicas dos mecanismos das máquinas e na utilização do método 5S's, com o objetivo de as ferramentas necessárias para a configuração serem padronizadas e organizadas de forma conveniente, permitindo o acesso mais fácil e rápido, reduzindo os tempos de <i>setup</i> e permitindo maior produtividade. Como resultados, verificou-se uma redução de 38% nos custos de manutenção das máquinas, reduziu-se 62% o tempo de paragem e melhorou-se o desempenho em 9%.</p>
(Pombal <i>et al</i> , 2019) [60]	<p>O objetivo deste trabalho foi o aumento da eficiência operacional, qualidade e produtividade, através da aplicação da metodologia 5S's, de modo a reduzir os custos e os desperdícios dentro da organização em questão, assim como a diminuição do tempo necessário para encontrar determinado consumível. O objetivo deste trabalho foi atingido, com a redução de diversos tipos de desperdício, colocando um ponto final numa desadequada gestão de materiais que, até então, vinha sendo normal.</p>

(Freitas *et al*,2019) [61]

Este trabalho foi realizado numa empresa de fabrico de autocarros com o objetivo de melhorar a eficiência do seu armazém híbrido. Assim, recorreu-se a inúmeros métodos de gestão, de modo a melhorar os processos e o desempenho dos funcionários. Para melhorar as condições operacionais do armazém, foram adotadas técnicas como *brainstorming*, Ishikawa, 5W2H, diagrama de esparguete e a metodologia 5S's.

A utilização do método 5S's permitiu uma melhor gestão do espaço e do tempo, e uma consequente redução de custos. Este projeto permitiu à organização ter um lucro líquido de 43 285,69 € no final do primeiro ano em que foram implementadas estas ações. A satisfação dos trabalhadores aumentou devido à eliminação de restrições relacionadas com falta de espaço. O processo de *picking* passou a ser 35 minutos mais rápido, o que se traduziu numa redução de 25% do tempo inicialmente consumido pelos funcionários nesta tarefa.

(Rocha *et al*,2018) [62]

Este estudo foi desenvolvido numa empresa ligada à indústria de joalheria. O objetivo visava analisar e melhorar o processo de gestão e o controlo da produção. Para tal, adotaram ferramentas da filosofia *Lean Thinking (Kanban, 5s's e Kaizen)* e o *software MES*.

O método 5S's foi usado na preparação do setor de matérias-primas, permitindo a organização de ferramentas que estavam espalhadas pela fábrica. Esta ação melhorou significativamente a limpeza e organização do chão da fábrica, e contribuiu muito positivamente para a redução do tempo perdido. Este trabalho refletiu um aumento da competitividade da organização, sendo que esta conseguiu implementar novas estratégias para minimizar o desperdício e garantir a melhoria contínua, contribuindo para uma maior satisfação dos seus clientes.

2.2.1.7 Carta de controlo

A carta de controlo (Figura 16) é uma ferramenta da melhoria de qualidade, englobada no Controlo Estatístico de Processo (CEP), utilizado para monitorizar o desempenho de um processo de medição e a variabilidade do processo. Estes gráficos determinam estatisticamente os limites de controlo, assinalados por uma linha superior (limite superior de controlo - LSC) e por uma linha inferior (limite inferior de controlo - LIC), além de uma linha central (limite central - LC) [27, 63].

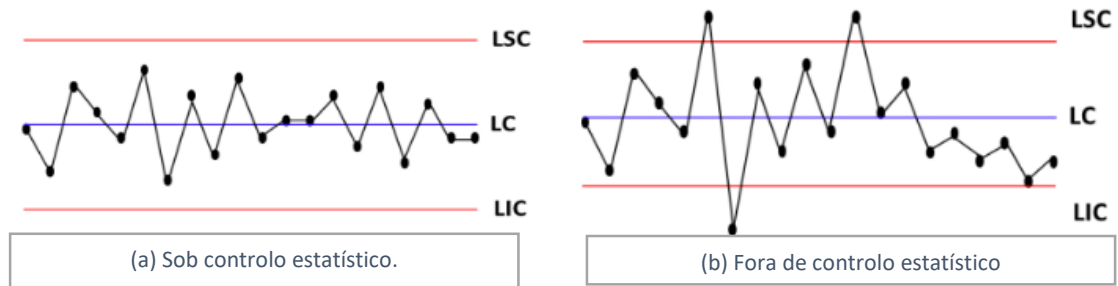


Figura 16. Exemplo de cartas de controlo [27].

Como se pode verificar através da Tabela 13, esta ferramenta pode ser classificada em duas tipologias:

- Carta de controlo por variáveis, que permite que ações preventivas sejam executadas antes que muitas peças defeituosas sejam produzidas;
- Carta de controlo por atributos, que permite que ações corretivas sejam executadas após as peças terem sido produzidas [27].

Tabela 13. Tipos de cartas de controlo [27].

Variáveis	Atributos
Caraterísticas mensuráveis (variáveis contínuas)	Processo de contagem (variáveis discretas)
Carta \bar{X} -Rm - Média e Amplitude (1 amostra)	Carta np - Número de artigos não conformes
Carta \bar{X} -R - Média e Desvio Padrão (2-9 amostras)	Carta p - Proporções de artigos não conformes
Carta \bar{X} -S Média e Variância (≥ 10 amostras)	Carta c - Número de defeitos
	Carta u - Número de defeitos por unidade

Na Figura 17 são resumidos os principais passos para a construção de uma carta de controlo.

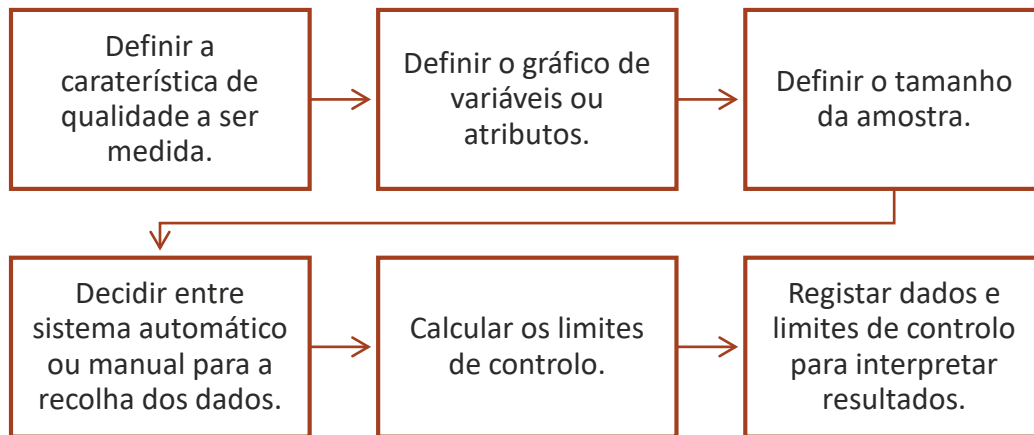


Figura 17. Metodologia para criar uma carta de controle [64, 65].

Na Tabela 14 são apresentados, de forma resumida, quatro projetos realizados com o auxílio de cartas de controle.

Tabela 14. Compilação de informação para estudo do trabalho – Cartas de controle

Referências Bibliográficas	Descrição do trabalho
(Barbosa et al, 2017) [41]	<p>Este trabalho foi desenvolvido numa empresa que fabrica pneus e teve como objetivo melhorar a <i>performance</i> no processo de produção com a máquina APEX, assim como a melhoria da qualidade do produto final. Recorrendo à metodologia <i>Six Sigma</i>, foi possível identificar as diversas variáveis que influenciam a qualidade da produção. Foi também aplicado o ciclo DMAIC (<i>Define, Measure, Analyse, Improve and Control</i>), semelhante ao ciclo PDCA, de forma a identificar as causas que afetam negativamente o processo e, conseqüentemente, indicar oportunidades de melhoria. No controlo do processo, foram usadas cartas de controlo X - R e X - S para analisar os pontos mais críticos. A utilização destas metodologias e a implementação de um SPC (<i>Statistical Process Control</i>) permitiu a redução das não-conformidades, resultando num aumento da taxa de qualidade em 41%.</p>
(Rave et al, 2017) [66]	<p>O objetivo deste artigo é explorar se o uso de cartas de controlo com análises de regressão é uma forma eficaz de avaliar um pedido de orçamento de transporte no setor da logística. Após a escolha das variáveis em questão e da aplicação da respetiva análise de regressão, foram testadas três cartas de controlo tradicionais (individuais, CUSUM e EWMA). Os resultados mostraram que a carta de controlo individual</p>

com 2,7 – sigma oferece a *performance* adequada para o tipo de estudo em questão. Além destes resultados, este estudo demonstrou também a utilidade das cartas de controlo para monitorizar variáveis financeiras de vários tipos, e não apenas em pedidos de orçamento para operações de logística.

(Pereira *et al*, 2018) [67]

Este artigo apresenta e discute um conjunto de abordagens estatísticas focadas em cartas de controlo de variáveis que podem ser aplicadas a organizações que lidam com recolhas e análises sanguíneas, de modo a que estas tenham uma metodologia confiável de controlo estatístico dos processos utilizados. O procedimento de controlo normal assenta exclusivamente sobre a verificação de conformidades com as especificações por cada componente sanguíneo individualmente, e também para determinar o número de componentes defeituosos. Essa é uma restrição crítica para detetar padrões não naturais e garantir que a produção tenha uma probabilidade baixa de fabricar componentes não conformes.

Os resultados do estudo demonstram a confiabilidade desses modelos para serem usados neste tipo de organizações/estabelecimentos. É também proposto um fluxograma, cujo objetivo é ser utilizado para auxiliar na decisão sobre a escolha do melhor tipo de carta de controlo a ser utilizado.

(Abbas *et al*, 2018) [68]

Este estudo propõe um novo tipo de cartas de controlo do tipo *memory-type*. O objetivo foi construir cartas de controlo estatístico que dê um peso específico à amostra que se pretende avaliar, e que o restante seja igualmente distribuído entre as amostras remanescentes. O desempenho da carta de controlo proposta é medido em termos de duração média da execução, e é depois comparado com algumas cartas de controlo *memory-type* já existentes. O efeito da não normalidade no desempenho da carta é avaliado usando as distribuições *Gamma*, *Student* e *Logistics*. O estudo desenvolvido descobriu que os parâmetros de *design* da carta, podem ser ajustados para torná-la mais robusta à não normalidade. A aplicação da carta proposta neste estudo é demonstrada usando um conjunto real de dados do processo de fabrico de substratos, em que a largura do fluxo da resistência é a característica de qualidade a ser monitorizada.

2.2.1.7.1 *Software* EGITRON SPC Pro

O Controlo Estatístico do Processo (SPC) consiste na aplicação de técnicas estatísticas para medir e analisar a variação dos processos. As cartas de controlo são especialmente utilizadas para controlar processos repetitivos, em que é possível medir características (variáveis) ou classificar itens (atributos) para determinar se um processo está ou não em controlo estatístico [69].

O EGITRON SPC Pro é um *software* de Controlo Estatístico do Processo, que tem como principal objetivo a implementação de políticas de Controlo Estatístico do Processo num ambiente fabril, e garantir a interligação com numerosos equipamentos de aquisição automática. Na Tabela 15, são apresentadas algumas das vantagens que caracterizam este *software* [70].

Tabela 15. Características do *Software* SPC [65].

Seguro.
Ambiente amigável que proporciona uma interface amigável.
Integração completa de diversas funcionalidades num único programa.
Facilidade de análise e processamento de dados armazenados.
Ambiente multiutilizador , vários utilizadores podem usar o <i>software</i> em simultâneo.
Impressão de relatórios e gráficos.
Integração de equipamentos de aquisição automática, por exemplo, paquímetros.

Este programa foi especialmente desenvolvido para permitir a elaboração de cartas de controlo e possui um conjunto adicional de funções, que permitem gerir e analisar a informação arquivada nos registos de controlo.

De seguida, serão abordadas, de forma resumida, as principais etapas da elaboração de uma carta de controlo automática.

Cartas de Controlo SPC



Figura 18. Janela da legenda das Cartas de Controlo [70].

Os gráficos apresentados na primeira página dependem, obviamente, do tipo da carta selecionada, e são acompanhados pelas respetivas legendas, como se pode verificar na Figura 18.

Os gráficos das cartas são apresentados na parte central da página, acompanhados do lado esquerdo de alguns valores estatísticos e de controlo, tais como os índices de capacidade (Cp, Cpk), valores médios e os limites de controlo.

Como se pode verificar na Figura 19, os campos para Cp e Cpk, dependendo dos valores configuráveis de limites de aceitação e de capacidade (por defeito 1,00 e 1,33), são apresentados da seguinte forma:

- Quando o valor é inferior ao limite de aceitação: “Processo incapaz”;
- Quando o valor está no intervalo definido entre o limite de aceitação e de capacidade: “Processo aceitável”;
- Quando o valor é superior ao limite de capacidade: “Processo capaz”.

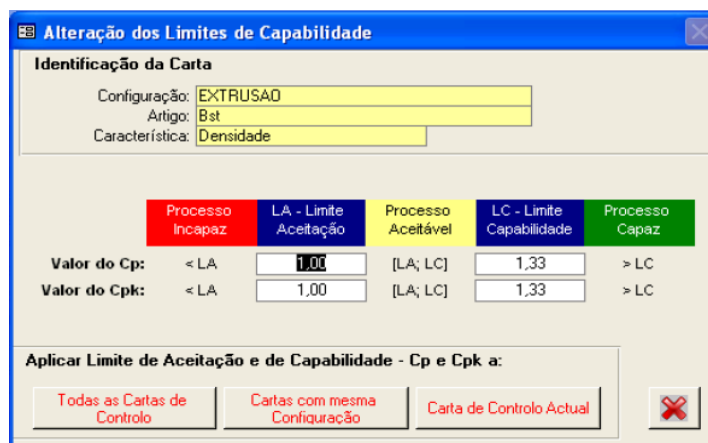


Figura 19. Janela para a definição de limites para Cp e Cpk [70].

Ao passar com o rato sobre os gráficos, são visíveis os valores do ponto da carta de controlo, a data e hora do registo. É também possível abrir uma janela com os cálculos estatísticos e informação mais detalhada sobre a amostra (Figura 20) [70].

Identificação da Carta de Controlo			
Configuração:	EXTRUSAD		
Artigo:	Bst		
Característica:	Diâmetro		
Datas entre:	2007-06-05 8:30:08	e:	2009-08-05 17:07:25
Valores Estatísticos			
LSE:	25,00	Cp:	0,1609
VN:	24,00	Cps:	-1,5350
LIE:	23,00	Cpi:	1,8569
Média:	34,54	Cpk:	-1,5350
D. P.:	2,07	Zs:	-4,6051
LSC:		Zi:	5,5707
LIC:		Zmin:	-4,6051
LSC(R):		Cm:	0,1207
LIC(R):		Cpm:	0,0310
		Cpkm:	-0,2960
		Cr:	621,3449
		mu:	34,5378
		Sigma:	2,0711

Passar o rato sobre os campos das 2 colunas da direita para visualizar a fórmula respectiva.

Figura 20. Janela “Estatísticas relativas à Carta de Controlo” [70].

Para que um ensaio deixe de estar “Pendente”, deve ser validado. Durante o processo de validação, o programa vai verificar o registo. Caso este não esteja devidamente preenchido, o programa irá avisar os motivos da não validação e irá interromper o processo. Caso contrário, o processo de validação irá passar por uma segunda fase de verificação de ativação de alarmes.

Como se pode verificar na Figura 21, sempre que forem despoletados alarmes, o registo só pode ser validado se as causas de alarme e ações de correção forem devidamente preenchidas. Para facilitar o preenchimento das ações de correção para estes registos, o programa irá apresentar uma sequência de janelas relativas a cada um destes registos de forma automática [70].

Alarmes Despoletados	
Característica	Alarme
Diâmetro	Limite de não Conformidade
Densidade	Limite de não Conformidade

Causas de Alarme e Ações de Correção		
Característica	? Causa do Alarme	? Ação de Correção
Diâmetro		
Densidade		

? - Quando selecionado, permite a introdução de texto e não seleção de lista.

Observações:

Nota: As Causas de Alarme e Ações de Correção disponíveis são as definidas para o Grupo de Máquinas selecionado.

Figura 21. Janela de Ocorrência de Alarmes [70].

Este *software* permite gerir o controlo a fazer ao material, aceder à rastreabilidade, através do artigo e/ou da OF (ordem de fabrico), aceder aos registos através de uma tabela e/ou histograma (Figura 22) e fazer a impressão dos mesmos.

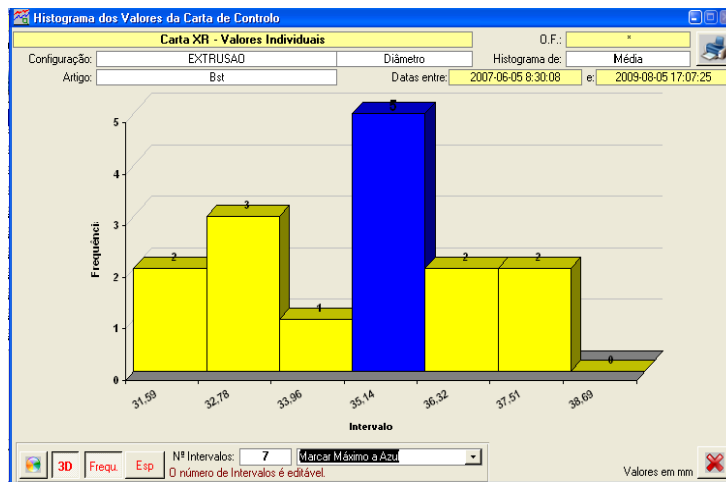


Figura 22. Janela dos Histogramas dos Valores das Cartas de Controlo [70].

2.3 Representação Abrangente do Processo

Um processo pode descrever-se como um conjunto de atividades ligadas por fluxos de bens físicos e de informação, que transforma um conjunto de entradas num conjunto de saídas úteis, de maior valor acrescentado, utilizando nessa transformação ferramentas e estando sujeito a restrições/controlos. As entradas são agrupadas em diferentes tipos: materiais, mão-de-obra, capital, energia e informação. As saídas podem ser bens ou serviços, sendo que, em alguns casos, podem constituir entradas de outros processos a jusante.

A transformação caracteriza-se pela combinação das entradas segundo regras e é formalizada por operações, controlos, transportes ou fluxos e armazenamentos, que podem ser bens ou informação, não se restringindo apenas às operações de fabrico. Por esse motivo, é designado por processo abrangente. Um método simples de descrever um processo é através do diagrama do processo [71].

Geralmente, é usada a simbologia mostrada no Anexo A para as atividades de um processo. Na Figura 23, está representado um exemplo de um diagrama de processo e acompanhado pela simbologia mais comum.

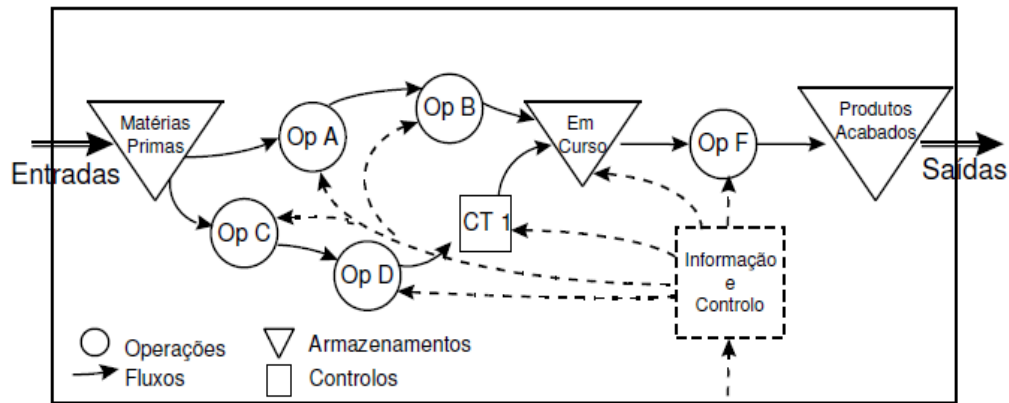


Figura 23. Representação abrangente de um processo: diagrama de processo [71].

Como se pode verificar, o sistema operativo é representado pelo retângulo grande: as entradas são convertidas em bens ou serviços úteis, transformando-se em saídas. As operações são representadas por círculos, os fluxos de bens e informações por setas, os armazenamentos de bens por triângulos e os controlos por quadrados. A informação está contida no quadrado a traço interrompido [71].

2.4 Programação Linear- Problema de Afetação

Para garantir a otimização dos processos produtivos industriais, assegurando a qualidade do produto final, as empresas necessitam de procurar oportunidades de melhoria e agir em conformidade. Uma tarefa básica de gestão é tomar decisões. A chamada Investigação Operacional é uma abordagem científica de auxílio à tomada de decisões, que normalmente envolve o uso de modelos matemáticos. Quando se pretende melhorar um sistema, é importante ter noção de que a redução de tempo num recurso que não seja um gargalo, tem impacto nulo na redução de tempo do sistema. De outra forma, qualquer redução de tempo num gargalo representa a mesma redução de tempo no sistema. Deste modo, é necessário começar com a otimização de um gargalo e tentar removê-lo, ou, em último caso, garantir a sua máxima utilização [72, 73].

Uma das técnicas mais utilizadas na resolução de problemas de otimização é a programação linear. A programação linear consiste na minimização ou maximização de uma função objetivo linear de diversas variáveis de decisão, sujeita a restrições representadas por equações e inequações lineares, que redefinem o seu domínio, ou seja, pode ser considerada uma técnica que permite otimizar funções lineares sujeitas a restrições igualmente lineares. Na Tabela 16 é apresentada uma breve descrição destes conceitos [72, 73].

Tabela 16. Conceitos da Programação Linear [72, 73].

Conceitos	Descrição
Função Objetivo	Função matemática que estabelece o valor-alvo que se pretende alcançar. Em função das variáveis de decisão, a função será de maximização ou minimização.
Variáveis de Decisão	Incógnitas que serão determinadas pela solução do modelo.
Restrições	Limita o sistema e influencia diretamente os valores das variáveis de decisão.

2.4.1 Problemas de afetação - *Solver*

O problema de afetação é um caso particular do problema de Programação Linear. O problema de afetação consiste em afetar “n” indivíduos a “n” tarefas, tendo por objetivo a minimização do custo total envolvido neste processo, de modo a que cada indivíduo desempenhe uma e uma só tarefa, e cada tarefa seja desempenhada por um e um só indivíduo. Este problema pode ser entendido como um problema de otimização combinatória, sendo “n!” o número total de afetações possíveis. O problema de afetação pode também ser formulado da seguinte forma:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se o indivíduo } i \text{ for afeto à tarefa } j \\ 0, & \text{se o indivíduo } i \text{ não for afeto à tarefa } j \end{cases}$$

A formalização matemática do problema de afetação pode ser realizada com o objetivo de maximizar ou minimizar. Por exemplo:

- Maximizar a produtividade de uma linha;
- Ou minimizar os custos de armazenagem.

As diferentes interpretações que se podem dar ao problema de afetação estão relacionadas com os coeficientes das variáveis de decisão na função objetivo. A seguinte função objetivo tem como finalidade minimizar o custo:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \times x_{ij} \quad (1)$$

Sujeito às restrições:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad (\forall j = 1, \dots, n) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad (\forall i = 1, \dots, n) \quad (3)$$

Sendo que:

$$x_{ij} = 0 \text{ ou } 1 \quad (\forall i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n) \quad (4)$$

Esta técnica é baseada em modelos matemáticos. Quando se trata de problemas mais complexos, é essencial utilizar *softwares* para se obter a solução. Por se tratar de uma ferramenta lógica que considera as variáveis e as restrições existentes, o *Solver* é um bom recurso, pois é uma ferramenta do MS Excel[®] que possibilita o alcance de soluções ótimas para problemas de programação linear, permitindo realizar simulações a partir das mudanças de parâmetros na modelação matemática [72, 73].

DESENVOLVIMENTO

3.1 Apresentação da Empresa

3.2 Identificação e quantificação de problemas no processo e produto

3.3 Análise das causas e implementação de melhorias

3.4 Outros trabalhos

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Apresentação da Empresa

A empresa na qual foi desenvolvido este projeto é líder Mundial no mercado da cortiça, tem cerca de 500 trabalhadores e divide-se em cinco unidades industriais, tal como representado na Figura 24.

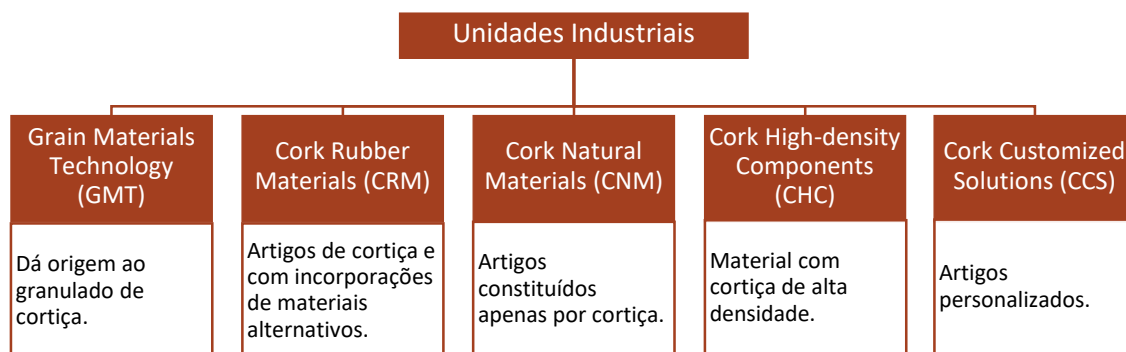


Figura 24. Organização da empresa.

Cada unidade industrial é caracterizada por uma cor, sendo que à unidade CRM está atribuída a cor azul marinho. Esta unidade é dedicada a aglomerados de cortiça com borracha. Esta área, contempla a linha CR1, na qual é produzida a mistura final que dá origem a blocos, a linha CR2, onde é realizada a mistura mãe e são produzidos cilindros e, a linha DS, também denominada linha dos desperdícios, uma vez que produz cilindros constituídos por material reciclado.

Devido a limitações do processo, a produção de blocos, divide-se em duas etapas: a produção da mistura-mãe, na linha CR2, e da mistura final, na linha CR1.

A mistura mãe é a base da constituição dos blocos e é denominada MB (*Master Batch*) ou *pig*, devido ao seu aspeto semelhante à cauda do porco. Os *pigs* produzidos na linha CR2 são também matéria-prima dos blocos produzidos na linha CR1 (Figura 25).



Figura 25. Mistura-mãe (*pig*).

A mistura final é a fase do processo produtivo onde é adicionada a cortiça, em conjunto com os produtos químicos (aceleradores e vulcanizantes) e com os *pigs*. Estes componentes são misturados até a massa ser homogénea. O produto final é o bloco aglomerado de cortiça com borracha.

O trabalho desenvolvido incidiu somente na linha CR1, responsável pelas misturas finais. Porém, além de algumas das melhorias influenciarem direta ou indiretamente a linha CR2, muitas das ações foram replicadas.

3.1.1 Apresentação do processo produtivo da linha CR1

Inicialmente, com o objetivo de detalhar o processo produtivo de forma simplificada, encadeando as operações juntamente com os controlos de qualidade do produto, foi realizado um diagrama do processo (Anexo B). Este diagrama descreve o processo ao longo das várias atividades (operação, controlo, armazenagem e movimentação), conduzindo a produção dos artigos em causa.

No que diz respeito à disposição física da linha CR1, é importante referir que, devido à falta de espaço, esta encontra-se instalada na vertical, numa estrutura metálica, ao longo de quatro pisos e numa área exterior onde estão situados os ciclones.

Os operadores encontram-se distribuídos desde o piso do Banbury (piso 2), até ao piso térreo (piso 0), onde se encontra instalada a maioria das operações de adição de valor ao produto final (atividades de transformação).

De uma forma resumida, a atividade desta linha distribui-se da seguinte forma:

Área externa

O granulado de cortiça provém de outra área da empresa, a GMT, e é transportado através de condutas até aos ciclones industriais da área CRM (Figura 26).

Os ciclones industriais, são responsáveis pela extração de partículas sólidas em suspensão, separação de impurezas na cortiça e, regulação e doseamento da passagem do granulado.



Figura 26. Ciclones Industriais.

4º Piso

O granulado proveniente da trituração é transportado para o interior do mini-silo correspondente à sua granulometria. Neste piso situam-se quatro mini-silos (Figura 27), cada um destinado a armazenar uma tipologia diferente de granulado, uma balança e um tapete transportador.

Cada mini-silo contém um sistema com um sem-fim doseador, uma válvula borbela e sensores que impedem a sobredosagem no interior dos depósitos aquando a extração do granulado.



Figura 27. Mini-silos para os diferentes tipos de granulados.

3º Piso

Neste piso está presente uma balança, que recebe o granulado dos silos (Figura 28). Dependendo da fórmula do artigo que está a ser produzido, o operador carrega a balança com o peso prescrito, e essa quantidade é transportada para o interior da câmara de mistura do Banbury, por intermédio de um tapete transportador.

Neste patamar, também se faz a recarga dos cacifos de produtos químicos e, por isso, para evitar deslocações desnecessárias dos operadores ao armazém, cria-se um *stock* de embalagens de produtos químicos da linha CR1.



Figura 28. Balança do granulado.

2º Piso

Neste piso estão instaladas as balanças de produtos químicos e as balanças de líquidos (Figura 29). Estas últimas são destinadas aos óleos, que são utilizados para facilitar a incorporação dos restantes aditivos e é uma forma de, durante a mistura, não se desenvolver calor em excesso.



Figura 29. Balanças de líquidos.

A pesagem dos produtos químicos é feita através de um sistema de cacifos, onde estão armazenados os diferentes químicos e a pesagem é feita, sempre que possível, em modo automático. O operador insere no *software* os produtos químicos e os respectivos pesos pretendidos para a fórmula em questão e, automaticamente, um recipiente envolvido com um saco próprio, que se funde e integra na mistura, vai em busca dos componentes e volta à origem. A esses sacos com os vários produtos químicos, recolhidos durante a passagem do carrinho, dá-se o nome de celhas (Figura 30).

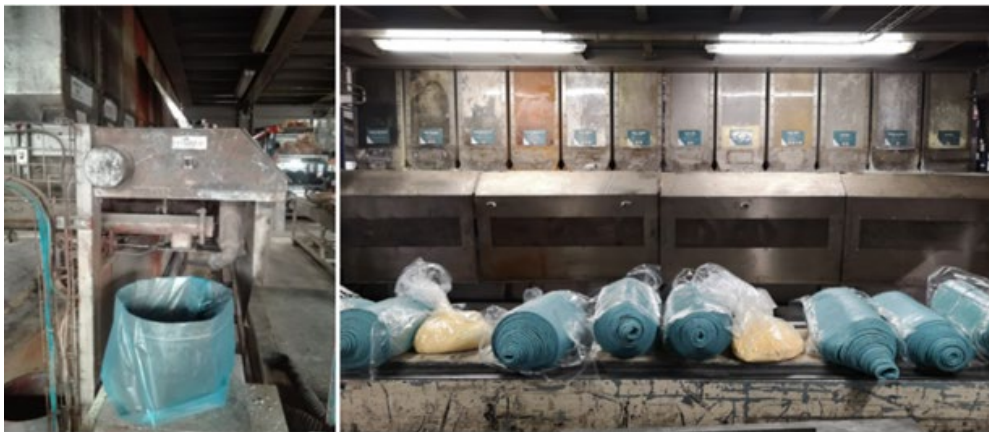


Figura 30. Sistema de pesagem dos produtos químicos.

O operador coloca as celhas num tapete, juntamente com a mistura mãe (*pigs*) e manda seguir a produção. O material que está no tapete, os óleos e o granulado são depositados na entrada do Banbury, onde se inicia o processo de mistura.

Este piso é comum com a linha CR2 e com um Gabinete de Produtos Químicos, no qual se armazenam produtos químicos que não têm um cacifo disponível nas linhas, ou seja, à priori, são os produtos químicos menos utilizados em cada linha.

1º Piso

Neste piso está instalado o misturador fechado, apelidado de Banbury. Este equipamento é responsável pela mistura dos vários componentes, mais especificamente, os *pigs*, o granulado e aditivos (Figura 31).



Figura 31. Misturador fechado (Banbury 001).

Quando a temperatura teórica da fórmula e o tempo de mistura são atingidos, a porta de descarga é aberta e a mistura é conduzida para o misturador aberto de homogeneização.

Rés-do-chão

O misturador aberto de homogeneização está instalado no res-do-chão e é composto por dois cilindros que operam em sentidos opostos e sobre os quais a mistura é passada, de forma a arrefecer e homogeneizar (Figura 32).



Figura 32. Misturador aberto de homogeneização.

Nesta etapa do processo, é recolhida uma amostra do bloco em fabrico, que é sujeita à análise reométrica. A falta de qualidade no material, só é evidenciada na fase de laminagem do bloco. Desta forma, o controlo reométrico é fundamental para perceber

se o material está ou não conforme, ainda durante o processo de aglomeração, permitindo que sejam realizadas ações corretivas no imediato. Depois de homogeneizada, a mistura passa para o misturador aberto de formação de banda através de um tapete, onde é dada a espessura final à banda (Figura 33).

Nesta fase, deve-se assegurar uma admissão constante e suficiente de massa no misturador, de forma a evitar a formação de porosidades.

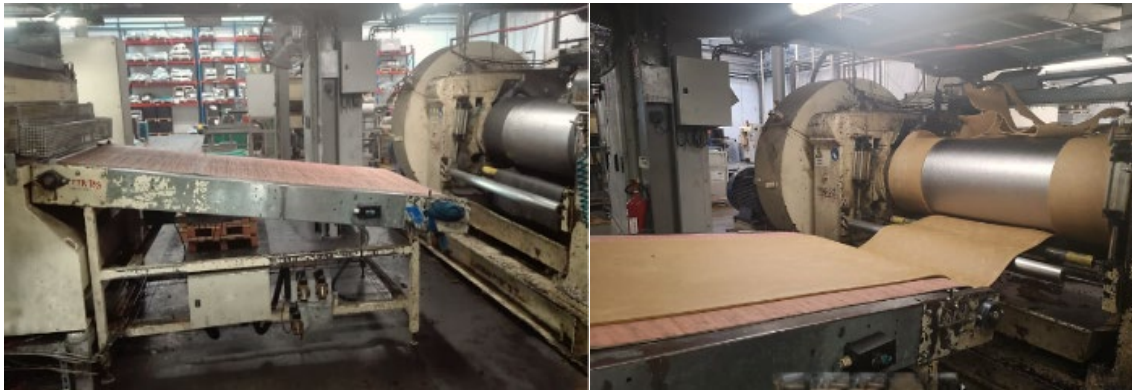


Figura 33. Misturador aberto de formação de banda com sistema de transporte para a guilhotina.

A mistura, já em formato de banda, é transportada através de um tapete até à guilhotina. Durante este transporte, os operadores analisam os defeitos superficiais, porosidades e contaminações, de forma a garantir sucesso na fase do empilhamento. A banda passa então pela guilhotina (Figura 34) onde são cortadas folhas com forma retangular ou quadrada, dependendo do artigo e respetivas dimensões que se pretendem produzir.

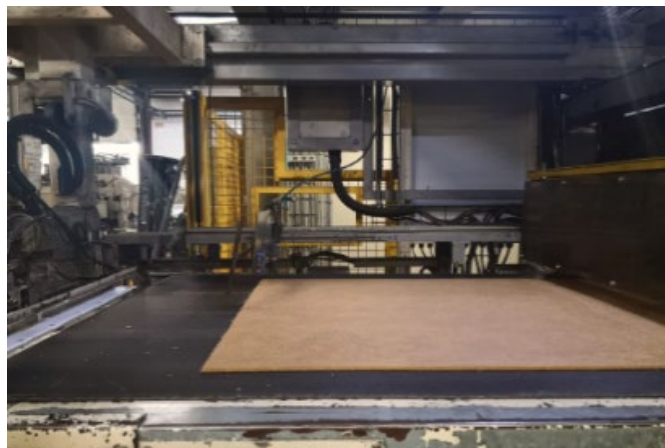


Figura 34. Guilhotina.

Posteriormente, as folhas de massa cortadas na guilhotina são transportadas até à mesa elevatória 2, na qual está colocada uma chapa metálica de transporte, onde vão sendo empilhadas as folhas. Após se obter o peso desejado, para a ordem de fabrico em questão, a chapa avança para a mesa da prensa. As mesas elevatórias 1 e 3 servem para

auxiliar o transporte das chapas metálicas ao longo do processo, desde o empilhamento até à moldação.

A camada de folhas empilhadas é transportada até à mesa da prensa de corte (Figura 35), onde se faz descer o cortante da prensa e o calcador. Desta forma, é realizado o corte e a prensagem das folhas nas dimensões pretendidas, obtendo-se o bloco, que é pesado e medido de seguida.



Figura 35. Prensa de corte.

As aparas que resultaram do corte são reincorporadas de novo no misturador aberto de homogeneização.

O bloco proveniente da zona de corte é transportado para a prensa de moldes, com auxílio da mesa elevatória 3 e do operador, e é inserido no interior do molde. De seguida, a tampa do molde desce, realizando uma ligeira compressão no material do bloco. As cavilhas são inseridas e é dada a ordem de avanço do molde para a zona de entrada na estufa (Figura 36).



Figura 36. Prensa de moldes e estufa.

Após a vulcanização, o bloco é colocado na zona de saída da estufa. Posteriormente, por intermédio de vários mecanismos, o molde é colocado na mesa da prensa de moldes e a tampa e as cavilhas são retiradas. O molde é aberto e a sua base é elevada, permitindo a remoção do bloco, que é colocado, de seguida, na área de paletização (Figura 37).



Figura 37. Produto acabado - blocos desmoldados.

Todos os blocos vulcanizados são retirados dos moldes (processo de desmoldagem) e colocados numa palete, identificados com data de fabrico (lote) e respetiva referência.

3.2 Identificação e quantificação de problemas no processo e produto

A área CRM é a mais complexa e crítica na organização, apresentando os maiores níveis de tempos improdutivo, baixa qualidade do produto final e, conseqüentemente, a que tem a maior taxa de reclamações *versus* material produzido.

Desta forma, numa fase inicial, foi realizado um estudo através da análise às reclamações recebidas nos anos 2017 e 2018. Tal como se pode observar no gráfico da Figura 38, os quatro problemas mais comuns foram: material contaminado, porosidades e dimensões/caraterísticas fora da especificação.

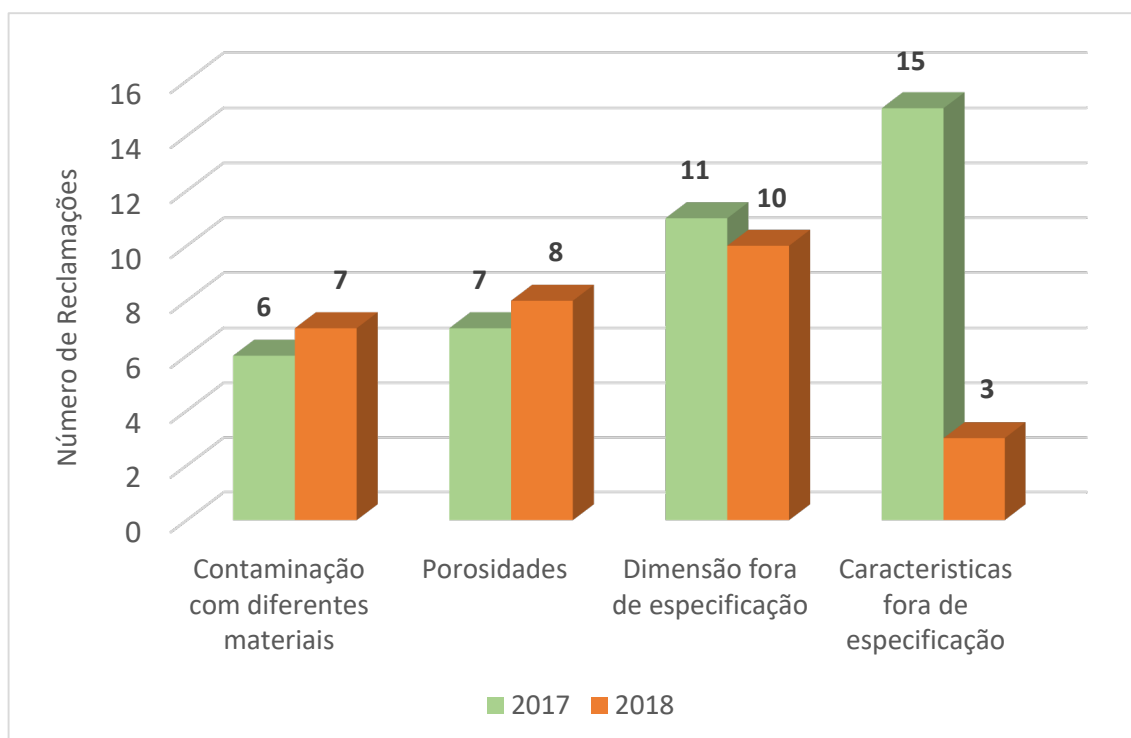


Figura 38. Causas das reclamações nos anos de 2017 e 2018.

Como critério para se iniciar este estudo, foram selecionados os dois problemas que sofreram um aumento relativamente ao ano anterior: a contaminação, identificada pela cor cinzenta, e a porosidade, identificada com a cor azul escuro.

É importante referir, de forma a clarificar o leitor, que a dimensão fora de especificação acontece quando a largura, comprimento e/ou espessura do material não estão de acordo com os requisitos solicitados pelo cliente. Este problema pode ter origem, por exemplo, no processo de aglomeração ou de laminação. No que diz respeito às características fora de especificação, estas relacionam-se com o facto dos requisitos da fábrica ou do cliente não estarem a ser cumpridos. A densidade, a tensão de rutura e a flexibilidade são alguns exemplos de parâmetros que caracterizam o material.

Após se selecionarem os problemas das contaminações e porosidades, foi realizada uma análise aos custos de não qualidade interna nos anos de 2017 e 2018, ou seja, os custos relacionados com o material que foi rejeitado internamente e acabou por ser retrabalhado, moído ou, no pior dos casos, não ter sido possível o seu reaproveitamento (Figura 39).

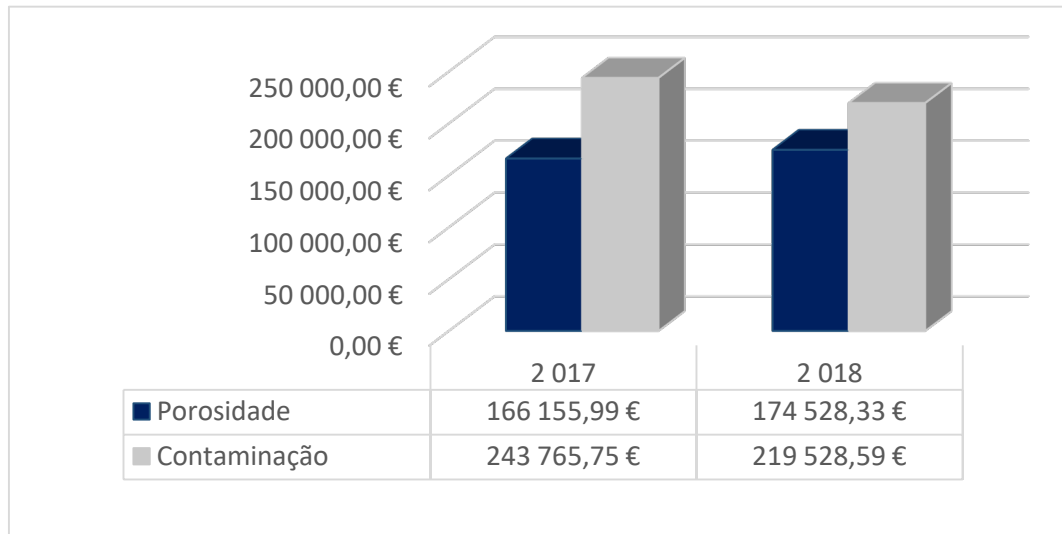


Figura 39. Custos da não-qualidade interna.

Assim, concluiu-se que, em dois anos, a organização teve um prejuízo de 340 684,32 € devido a porosidades, e 463 294,34 € devido a contaminações no material. Estes valores revelaram-se bastante significativos e causaram muito impacto na área industrial.

3.2.1 *Brainstorming* para levantamento de problemas e possíveis soluções

Após as análises estatísticas, e com o objetivo de criar empatia com os operadores, perceber as suas maiores dificuldades e as sugestões para resolver os problemas que estavam na origem das mesmas, foi realizado um *brainstorming*. Para tal, e com o propósito de ser mais claro para a equipa, foi feita uma representação esquemática da linha CR1, baseada nos seus equipamentos, e dividiu-se o processo de produção da linha em quatro fases, atribuindo-se uma cor a cada fase (Figura 40).

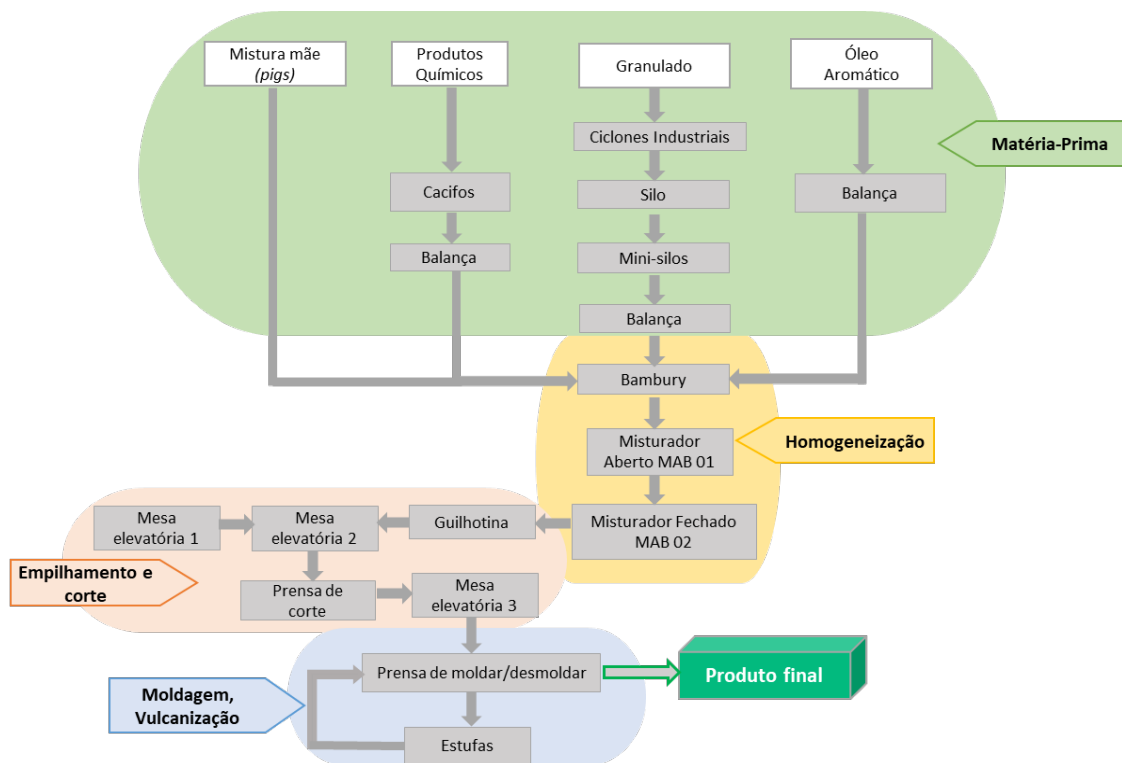


Figura 40. Representação esquemática das 4 etapas de produção da CR1.

Como se pode verificar, à fase denominada “matéria-prima” foi atribuída a cor verde. Nesta etapa ocorre, o doseamento das matérias-primas que passam por um processo de controlo comum de pesagem para, posteriormente, serem depositadas no equipamento de mistura, o Banbury, e assim, iniciar a fase de homogeneização do material, à qual foi atribuída a cor laranja.

Depois da passagem pelos diferentes misturadores, a matéria, já homogeneizada e transformada em banda, é cortada em folhas pela guilhotina. Estas folhas são depois transportadas com o auxílio das mesas elevatórias até à prensa de corte, onde são empilhadas até à altura e peso correto para formar o bloco. Esta fase foi denominada de “empilhamento e corte”, e caracterizada pela cor cor-de-rosa.

Por fim, se se verificar que a altura e peso estão em conformidade com as tolerâncias especificadas para a referência em produção, o bloco avança para a prensa de moldar, com o auxílio da mesa elevatória 3. Nesta última etapa, o bloco é colocado dentro do molde que lhe corresponde, dependendo das medidas da referência em questão, e é efetuada uma ligeira compressão no bloco, para ser possível a inserção das cavilhas que asseguram o fecho do molde. Concluído o fecho do molde, este avança para a estufa, onde irá ocorrer a vulcanização do material. Após o processo de vulcanização, o bloco é transportado para a prensa de moldes, retiram-se as cavilhas e o bloco é removido do molde. Os blocos já vulcanizados e retirados dos moldes são colocados sobre uma

palete, sendo identificados com data de fabrico (lote) e a referência. A esta fase foi atribuída a cor azul.

A divisão do processo de produção da linha CR1 em quatro fases e a atribuição de uma cor a cada uma delas, teve como objetivo a realização do *brainstorming*, isto é, efetuar um levantamento de problemas, possíveis causas e possíveis ações de melhoria, recorrendo a cartões, caracterizados pela cor correspondente a cada fase do processo (Figura 41).

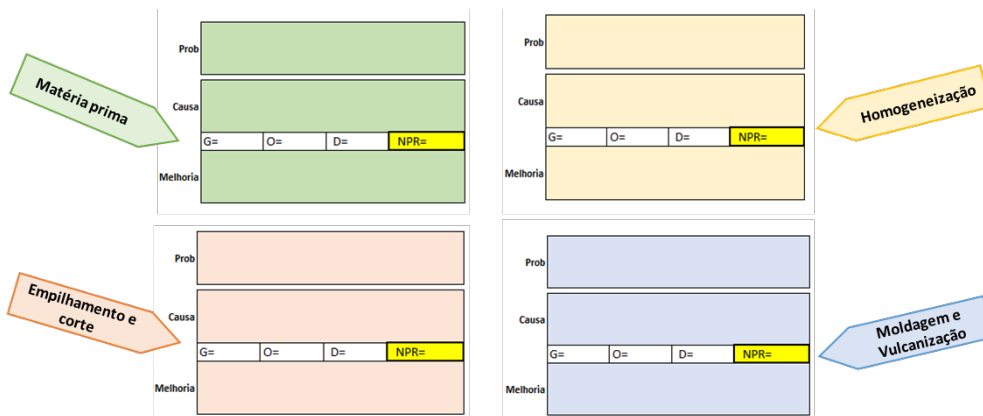


Figura 41. Cartões usados para a realização do *brainstorming*.

É importante referir que o *brainstorming* foi realizado nos três turnos e que, tal como ditam os princípios do *brainstorming*, todas as ideias citadas pelos operadores foram consideradas, mesmo que fosse evidente a falta de relevância em algumas.

Os operadores foram questionados relativamente aos problemas, possíveis causas e melhorias que sugeriam para ultrapassar essas dificuldades. Desta forma, além de se adquirir bastante informação junto das pessoas que efetivamente estão no terreno e diariamente lidam com os problemas do processo produtivo e da qualidade do produto, pretendeu-se também combater a oitava forma de desperdício numa organização: a não utilização do potencial humano. Este tipo de desperdício foi identificado por Ohno em 1988 [23].

Assim, depois de se realizar o *brainstorming* com os operadores dos três turnos, responsáveis por cada fase do processo, os cartões foram organizados num cartaz. Este cartaz encontrava-se também dividido nas quatro fases, estipuladas anteriormente. Posteriormente, foi realizada uma reunião com os supervisores e outras pessoas experientes na área, como a responsável da qualidade e o diretor industrial. Esta reunião teve o propósito de fazer uma triagem à informação que foi levantada com os operadores e, com auxílio das tabelas de classificação, apresentadas no Anexo C, perceber qual o nível de gravidade, facilidade de deteção e probabilidade de ocorrência dos problemas que foram selecionados. Foi também importante para discutir algumas questões relacionadas com o processo produtivo. A classificação dos três parâmetros,

referidos anteriormente, foi realizada pelos intervenientes da reunião e tinha como objetivo o cálculo do RPN, para posteriormente ser realizada uma análise FMEA.

De seguida, os cartões com os problemas, que foram considerados relevantes voltaram a ser colocados no cartaz (Figura 42). A utilização das cores facilitou bastante o processo de identificação e organização da informação.

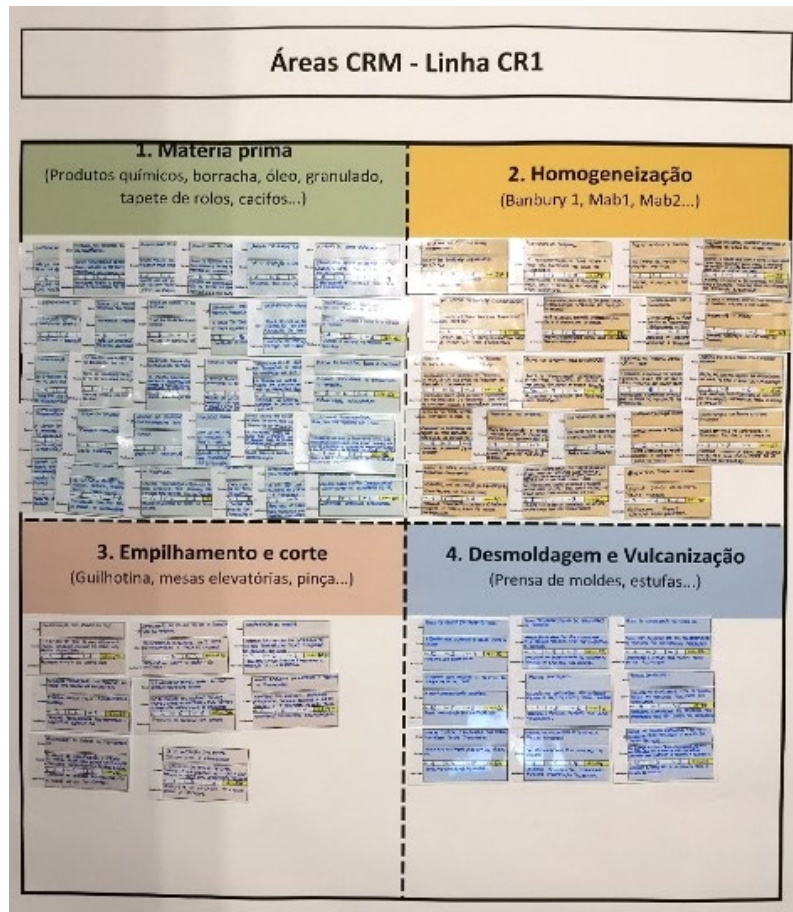


Figura 42. Cartaz de organização da informação resultante do *Brainstorming*.

Assim, observando a disposição dos cartões, apresentada na figura anterior, facilmente se conclui que as fases do processo mais críticas são as iniciais, ou seja, o doseamento da matéria-prima e a posterior homogeneização do material.

3.2.2 FMEA para aferir o RPN dos problemas levantados

No sentido de diminuir a probabilidade de ocorrência de potenciais falhas no processo ou no produto e, assim, aumentar a qualidade, diminuindo os riscos de erro, realizou-se uma análise FMEA do processo de aglomeração da linha CR1, como se pode verificar no exemplo da Figura 43. Esta análise, minuciosa e detalhada, foi realizada com base na informação dos cartões apresentados anteriormente.

Áreas CR1	Elementos linha CR1	Potencial modo de falha	Deteção	Potencial Efeito de Falha	Gravidade	Potencial Causa(s) Mecanismo(s) da(s) Falha(s)	Ocorrência	Controlos atuais do processo	RPN	Ações Recomendadas
Materia-Prima	Granulado, borraça, cacifos de produto químico e res	Erros na seleção do produto químico.	1	Contaminações com produto químico.	6	Muitos cacifos têm identificação apenas de um lado da estrutura ou não têm, uma vez que os operadores batem com um ferro nos cacifos para que o material deixe de se compactar em grumos.	6		198	Rever todos os cacifos e respetivas identificações.
			6		Gabinete dos Químicos desorganizado, com falta de material, sujo, com vários sacos de produto químico abertos e sem identificação.	7		215	Aplicar o método dos 5S no Gabinete dos Químicos.	
		Derrames de óleo.	5	Contaminações com óleo e sujidade.	4	Demasiada pressão na descarga de óleo e falta de isolamento entre os tubos de óleo e o Banbury	5	Alguns operadores diminuem a velocidade de descarga do óleo manualmente.	88	Isolar com tampas os tubos de óleo e rever sistema de descarga.
		Disposição dos cacifos produtos químicos	4	Aumento de tempo improdutivo.	3	Os cacifos estão dispostos de forma errada, tornando o doseamento dos produtos químicos ineficiente.	8		90	Colocar os cacifos na ordem correta, de forma a economizar tempo.
		Granulado fora de especificação.	8	Porosidade do material.	8	A densidade do granulado ser mais elevada do que é espectável.	6	Este controlo só é realizado na trituração.	405	Controlo do granulado.
Homogeneização	Banbury 1	Infiltrações	5	Contaminações com óleo e massa consistente	6	O equipamento é antigo e apresenta um enorme desgaste.	6	Limpeza frequente.	166	Adquirir um equipamento novo. Aumentar a frequência da manutenção.

Figura 43. Exemplo da análise FMEA.

Após a análise FMEA, destacaram-se as células cujo produto da classificação da deteção, gravidade e da probabilidade de ocorrência (RPN) fosse superior a 100, de forma a priorizar as respetivas ações corretivas ou de melhoria. Por conseguinte, foi possível concluir que, quando o potencial efeito de falha é a contaminação ou a porosidade, o RPN respetivo é superior a 100. Este acontecimento justifica-se facilmente, pois na maioria dos casos em que os efeitos são os dois defeitos anteriormente apontados, o produto é rejeitado internamente ou reclamado pelo cliente, ou seja, o nível de gravidade é alto.

No sentido de dar seguimento à análise estatística realizada no início do projeto, foram evidenciados os dois defeitos no FMEA, sendo que o problema das contaminações foi, mais uma vez, marcado com a cor cinzenta e o das porosidades com cor azul escuro.

3.2.3 Diagrama de Ishikawa para analisar as causas dos principais defeitos no produto

Com a finalidade de se organizar a informação relacionada com o grande foco do projeto: redução das contaminações e porosidades no material, e tendo em conta a extensão e detalhe do FMEA, recorreu-se a uma das sete poderosas ferramentas da qualidade: o Diagrama de Ishikawa. Foram construídos dois diagramas, um para o problema das porosidades e outro para o das contaminações, como será apresentado posteriormente.

Desta forma, avaliaram-se as causas do problema, subdividindo-as depois nas diferentes tipologias que caracterizam a ferramenta: Meio Ambiente, Máquinas, Mão-de-obra, Métodos, Medidas e Matéria, também conhecido por método 6M.

3.2.4 Matriz de Prioridades para avaliar as ações de melhoria propostas

Após a compilação de toda a informação necessária para começar a agir sobre os problemas encontrados, os cartões utilizados no *brainstorming* foram colocados num cartaz representativo de uma matriz de prioridades, que estabelece uma relação entre o impacto da aplicação das ações de melhoria para a organização *versus* a facilidade de implementação das mesmas (Figura 44). O objetivo da adoção deste procedimento consistiu em perceber quais as ações que poderiam ser realizadas através da avaliação do seu impacto, que foi baseado no RPN calculado a partir da ferramenta FMEA, e da facilidade de implementação, ou seja, ações de reduzido investimento e com resultados a curto prazo.

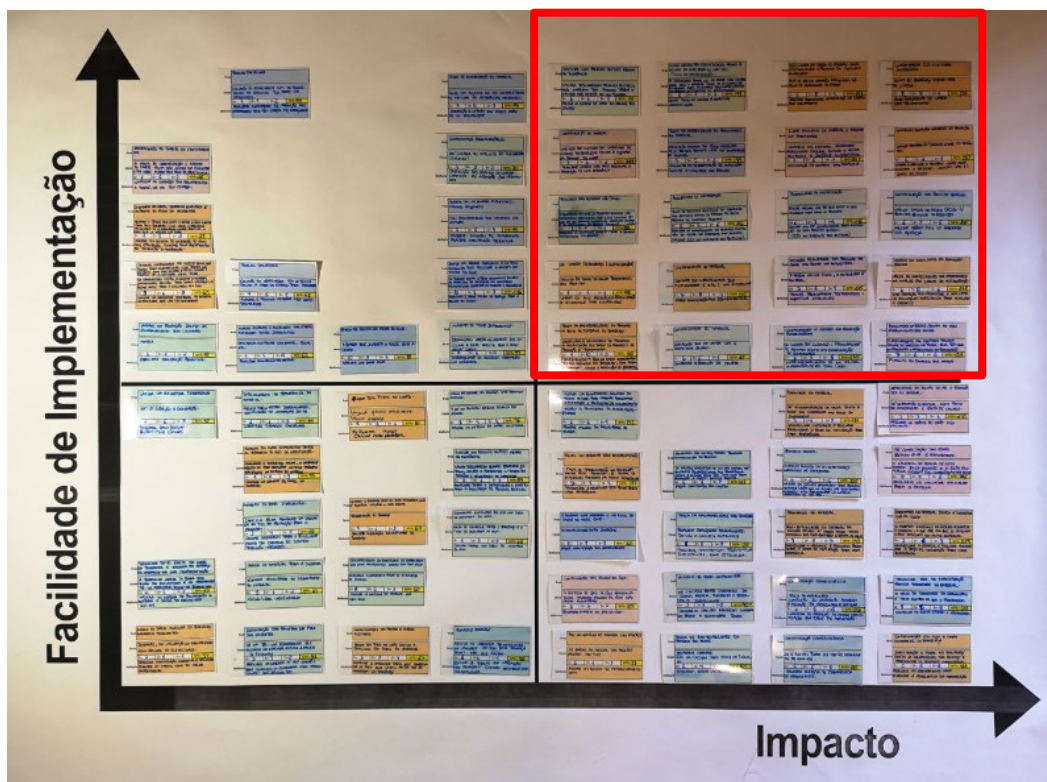


Figura 44. Matriz de Prioridades

Como se pode verificar pela matriz, o foco do projeto foram as ações fixadas no primeiro quadrante, que se revelaram as mais eficazes, tendo em conta os ideais da organização. É de realçar que esta matriz é uma ferramenta interna da organização e, portanto, adequada às suas necessidades.

3.2.5 Análise ABC para identificar os artigos de maior impacto para a organização

Nesta fase, após a identificação dos problemas e possíveis soluções a adotar, foi realizado um estudo sobre os artigos produzidos na linha CR1, com auxílio da análise ABC. O objetivo desta análise foi isolar a informação relativa à linha CR1, da informação

da linha CR2, visto que a produção das linhas era considerada em conjunto e, assim, constatar quais os produtos mais significativos a nível de quantidade de produção.

De forma a ser possível realizar este estudo, foi feito um levantamento de todos os artigos que eram produzidos na linha CR1 e a respetiva quantidade produzida no ano de 2018. Esta informação foi obtida através da verificação dos registos realizados nas declarações de produção e de uma plataforma digital da organização com dados da produção.

A análise ABC permitiu dividir os artigos em classes e, conseqüentemente, permitiu identificar quais os que criam um maior impacto na organização. Assim, os produtos de classe A representam 80% da produção da linha em 2018, os de classe B representam 15% e os de classe C representam apenas 5%, como se pode observar na Figura 45.

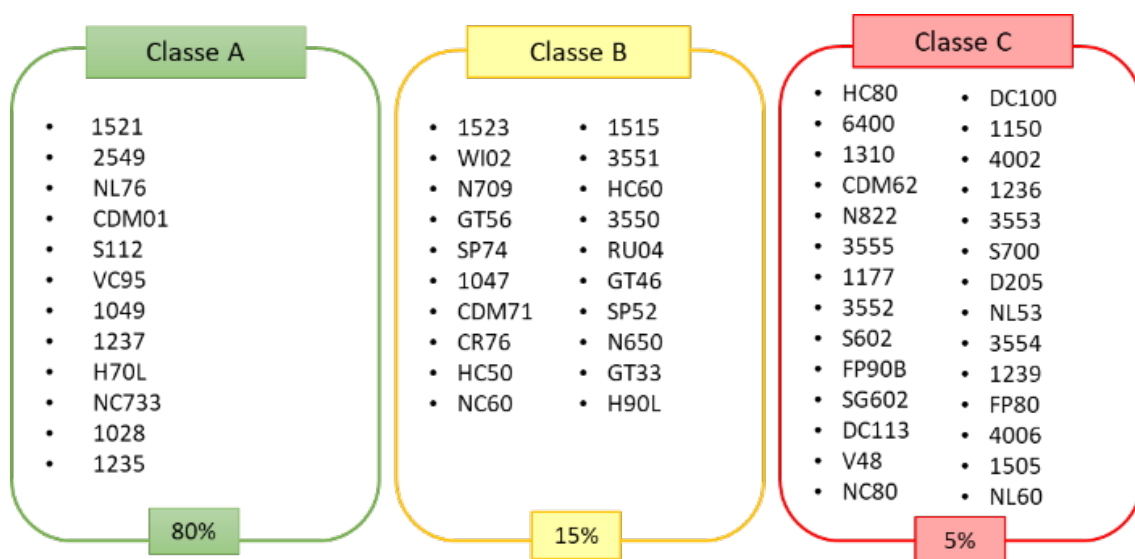


Figura 45. Análise ABC dos artigos produzidos.

É importante ter em consideração que os artigos 1521 e 2549 correspondem a 43,75% da produção dos artigos de Classe A e a 34,33% da produção total em 2018 e, por este motivo, foram os dois artigos estudados.

3.3 Análise das causas e implementação de melhorias

Após a identificação de problemas e recolha de toda a informação relativa aos mesmos, seguiu-se a análise das causas e criação de ações e/ou propostas de melhoria. Neste subcapítulo serão analisados os dois principais defeitos do material: as porosidades (representado ao longo do trabalho pela cor azul escuro) e as contaminações (representado pela cor cinzenta).

O último subcapítulo (3.4) é dedicado a trabalho extra realizado no decorrer do estágio, que não tem impacto direto na redução dos defeitos no produto final.

3.3.1 Porosidades

“Porosidade” é um termo utilizado internamente pela empresa, e traduz-se num defeito do produto final. Este conceito pode ser definido como um espaço livre entre as partículas de material, que deveriam estar agregadas. O defeito tem o aspeto característico assinalado na Figura 46.



Figura 46. Exemplos de diferentes tipos de porosidades.

De forma a identificar e analisar as possíveis causas deste defeito, e com base na informação recolhida junto dos operadores, foi contruído o diagrama de Ishikawa (Figura 47).

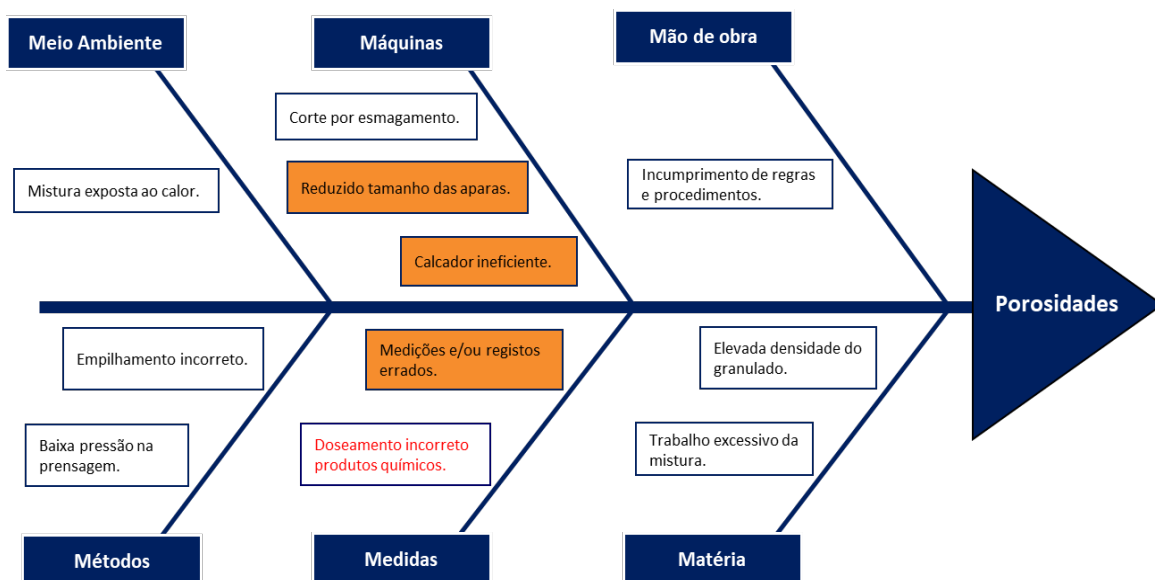


Figura 47. Diagrama Ishikawa - Porosidades

Mais uma vez, a atenção foi focalizada nas causas cujas ações de melhoria apresentavam maior impacto e facilidade de implementação. No diagrama, esses problemas estão sombreados a laranja. O doseamento incorreto de produtos químicos apresentado na sub-causa “Medidas”, está destacado de forma diferente, porque diz respeito a um estudo que se encontra ainda em fase embrionária.

3.3.1.1 Reduzido tamanho das aparas como causa da porosidade lateral

Problema

Um dos tipos de porosidade frequente é a lateral (Figura 48), sendo que uma das causas detetadas para este tipo de porosidade é o facto da prensa de corte, ao contrário do que é expectável, fazer o corte das placas por esmagamento (Figura 49) e o calcador ser ineficiente.

Estes dois aspetos negativos do equipamento fazem com que após o cortante ser afastado, as folhas que sofreram uma prensagem pouco eficiente, levanten nas laterais, provocando a união entre as folhas de material com bolhas de ar, dando origem à porosidade lateral.



Figura 48. Exemplo de porosidade lateral.



Figura 49. Corte por esmagamento.

Ação de melhoria

Para solucionar este tipo de porosidades foram tomadas duas ações, sendo que uma delas ainda está em fase de análise.

- Relativamente ao problema do corte por esmagamento, concluiu-se que as aparas eram muito reduzidas, tendo em conta o tipo de corte da prensa em questão. Desta forma, criou-se uma FCO (Ficha de Controlo Operacional) que estabelece as dimensões mínimas das aparas por referência (Anexo E);

- No que diz respeito ao calcador ineficiente, foi comunicado ao Departamento de Engenharia do Processo o problema e respetivo efeito nocivo que o funcionamento da prensa provoca no produto. A equipa já entrou em contacto com alguns fornecedores,

e, em conjunto com o Departamento de Qualidade do Produto, estão a ser analisadas possíveis soluções de otimização do calçador.

3.3.1.2 Trabalho excessivo da mistura - Implementação do SPC

Problema

Uma das causas do aparecimento de porosidade é o excesso de peso dos blocos. Isto acontece devido ao trabalho excessivo da mistura, que faz com que o material densifique. A densificação do material faz com que, para o mesmo peso, o volume seja menor, ou seja, apesar do peso estar correto, o material vai ocupar menos espaço no molde e, por este motivo, os operadores colocam material para colmatar esta falha.

Este incumprimento do procedimento de controlo dos blocos, além de provocar porosidades no material, acarreta elevados custos para a organização. Foi realizado um estudo a todos os artigos produzidos em 2018 na linha CR1, e concluiu-se que foi desperdiçado um total de aproximadamente 54,62 toneladas de material, que equivale a 101 748,65 € (Anexo F).

Na Tabela 17 estão apresentados os cálculos apenas para as duas referências mais produzidas, que geraram um custo extra de 61 843,06 €.

Tabela 17. Custos extras da produção dos artigos 1521 e 2549 em 2018.

Artigos Classe A	Molde (mm)	Blocos Produzidos	Perda de rastreabilidade (blocos)	Desvio face ao valor nominal (kg)	Perda	Total Artigo
1521	1000x1000x152	2034	60	5704,61	8 001,10 €	26 133,94 €
	1270x1040x152	195	0	856,71	1 216,37 €	
	1270x660x152	1742	0	5799,00	8 440,34 €	
	1270x760x152	1517	50	4471,18	6 287,18 €	
	915x915x152	569	0	1529,40	2 188,96 €	
2549	1000x1000x152	35	0	91,74	175,74 €	35 709,12 €
	1270x760x152	1060	4	2760,56	5 376,11 €	
	915x915x152	4513	0	15214,73	30 157,27 €	

O controlo dos blocos divide-se em duas etapas: a medição da altura e a medição do peso. Porém, não está a ser realizado da forma expectável, como se pode verificar no fluxograma apresentado na Figura 50.

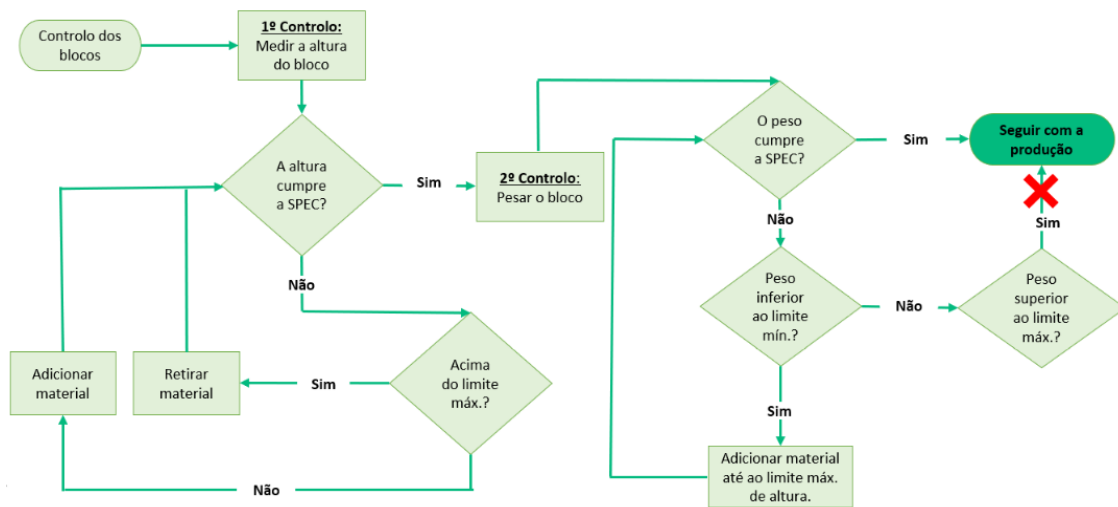


Figura 50. Fluxograma do controlo das pesagens antes da implementação do SPC.

Inicialmente, o operador mede a altura do bloco. Se especificação foi cumprida, segue-se para o controlo do peso. Caso não cumpra, porque está acima do limite máximo, o operador retira material. Por outro lado, se estiver abaixo do limite mínimo, são adicionadas folhas até a altura ficar conforme e, assim, cumprir a especificação.

No segundo controlo, caso o peso cumpra a especificação, então o operador segue com a produção. Caso não cumpra, há duas hipóteses: ou o peso está inferior ao limite mínimo e o operador adiciona material até ao limite de altura máximo estabelecido ou, caso o peso seja superior ao limite máximo, o operador regista, mas, erradamente, o bloco segue sem qualquer identificação e, nas operações posteriores, não é possível saber quais são os blocos cujo peso está não conforme, ou seja, há perda de rastreabilidade. Apesar do procedimento indicar que a chefia deve ser alertada quando os valores estão fora de especificação, isso nem sempre é cumprido por parte dos operadores.

O facto de o controlo ser manual e registado em papel, é um fator que provoca perda de rastreabilidade, como se pode observar na Tabela 17, no caso de 60 blocos do artigo 1521, com largura e comprimento de 1000 mm e espessura de 152 mm (molde 1000x1000x152 mm).

Em suma, apenas o primeiro controlo, correspondente à medição da altura, está a ser realizado corretamente.

Proposta de melhoria

Para colmatar o controlo incorreto das características do bloco, será implementado o *software* SPC no computador dos operadores, ou seja, futuramente, os registos passarão a ser informatizados.

Como já foi referido, o SPC é uma aplicação informática de controlo estatístico do processo, que foi desenvolvida com o propósito de ser adaptável a qualquer empresa ou indústria que pretenda implementar estratégias de deteção preventiva de não conformidades nos seus produtos. Na Figura 51 está representado o fluxograma do controlo que irá ser efetuado após a implementação do SPC.

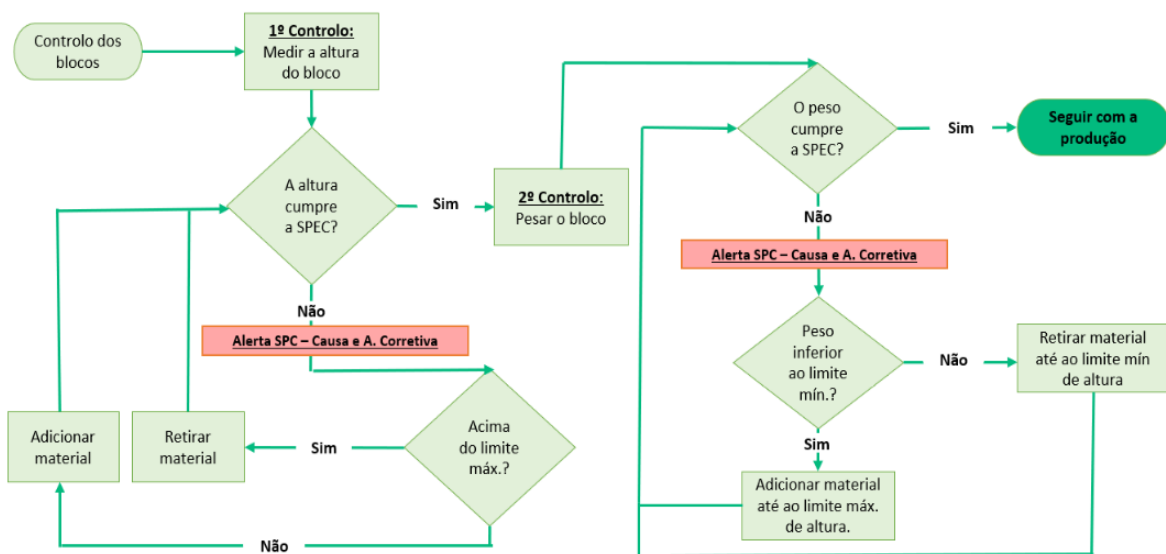


Figura 51. Fluxograma do controlo das pesagens após a implementação do SPC.

Com a implementação deste *software*, no caso de no primeiro controlo, medição da altura, se se verificar que está fora de especificação, automaticamente é lançado um alerta pelo SPC, e o operador é impedido de continuar a produção, se não preencher a causa que levou o material a estar fora de especificação e a medida de correção aplicada, tal como se pode ver no exemplo da Figura 52.

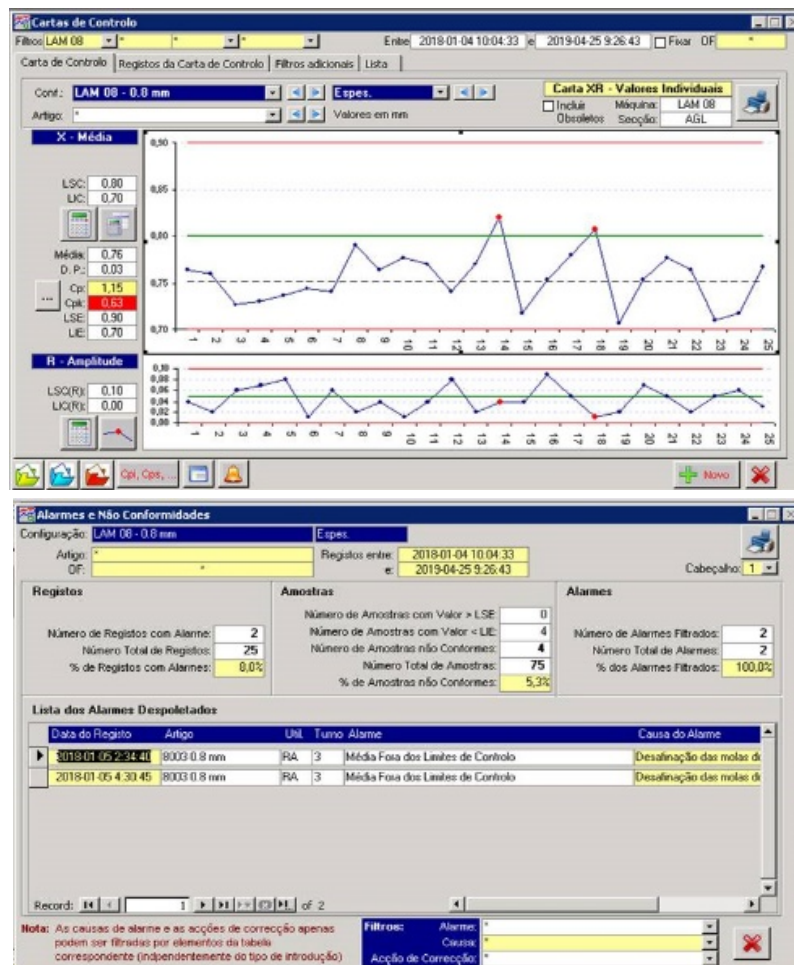


Figura 52. Exemplo dos alarmes a não conformidades do SPC.

Relativamente à medida de correção:

- Caso o peso e/ou a altura seja inferior ao limite mínimo, deve ser acrescentado material, até ao limite máximo de cada parâmetro;
- Caso o peso e/ou a altura seja superior ao limite máximo, o operador deve retirar material, até ao limite mínimo de cada parâmetro.

Se, mesmo assim, os valores da altura ou peso estiverem fora de especificação, o operador deve colocar uma etiqueta amarela no bloco e alertar as chefias. No entanto, mesmo que não o faça, a rastreabilidade do material não será perdida, ou seja, os blocos que estão com as características fora de especificação serão facilmente identificados em qualquer etapa do processo, posterior à desmoldagem.

3.3.1.3 Doseamento incorreto dos produtos químicos

Problema

Como já foi dito anteriormente, os produtos produzidos na área CRM são bastante complexos, visto que são constituídos por vários aditivos, principalmente produtos químicos. O processo de aglomerar cortiça com borracha é relativamente recente e, por este motivo, muitos aspetos ainda estão a ser estudados, sendo que um deles se relaciona com o impacto que as diferenças de quantidades dos produtos químicos têm no produto final.

Segundo o Departamento de Inovação do Produto da empresa, além das contaminações, um dos efeitos nefastos das quantidades erradas de produto químico na mistura, é o aparecimento das porosidades no produto final.

Análise experimental

No sentido de perceber se o doseamento dos produtos químicos estava a ser feito corretamente, fez-se um estudo experimental para o artigo 1521. Para tal, foram realizadas dez pesagens a cada um dos componentes químicos do artigo 1521, numa balança calibrada e colocada sobre uma superfície lisa, estável e protegida das vibrações características da estrutura metálica, onde está montada a linha, verticalmente. A Tabela 18, apresenta os resultados obtidos e pode-se observar:

- Desvio médio de +0,064 kg no Enxofre;
- Desvio médio de +0,024 kg para o Acelerador TMTD;
- E um desvio médio de +0,061 kg para o Negro FEF N550.

Tabela 18. Pesagens aos produtos químicos constituintes do artigo 1521.

Matéria Prima	Tol. Mín. (kg)	Valor Nominal (kg)	Tol. Máx. (kg)	Média das Pesagens (kg)	Desvio (kg)
Enxofre	1,190	1,210	1,230	1,274	0,064
Acelerador TMTD	0,190	0,210	0,230	0,234	0,024
Negro FEF N550	0,210	0,230	0,250	0,291	0,061

Todos os desvios foram calculados, subtraindo o valor real pelo valor nominal e, nos três casos, foi verificado que o desvio está acima do valor da tolerância máxima. Os resultados experimentais estão expostos na Tabela 31 do Anexo G.

Para uma análise mais consistente ao problema das pesagens dos produtos químicos, foi também realizada uma análise aos custos associados no ano de 2018. Desta forma, foi feito um estudo, considerando apenas os artigos de classe A, para perceber o impacto financeiro dos produtos Enxofre, Acelerador TMTD e Negro FEF N550 em 2018.

Inicialmente, foi calculada a quantidade teórica de produto químico consumido, através da multiplicação da quantidade de químico que leva cada artigo de classe A pela produção em 2018 desse mesmo artigo. O resultado obtido foi multiplicado pelo custo do produto químico, obtendo-se, assim, o custo teórico dos produtos químicos utilizados em 2018.

A quantidade real de produto químico consumido em 2018 foi obtida tendo em conta os resultados dos desvios calculados anteriormente (Tabela 18). Para o custo real dos produtos químicos, mais uma vez, multiplicou-se o valor da quantidade real pelo custo do produto químico. Os resultados estão apresentados na Tabela 32, no Anexo G, concluindo-se que, no ano de 2018, considerando apenas os produtos de classe A, obtiveram-se os seguintes desvios:

- Desvio de + 1 774,97 € de Enxofre;
- Desvio de + 523,49 € de Acelerador TMTD;
- E desvio de + 355,15 € Negro FEF N550.

Isto resulta num custo total de 2 653,61 € em três produtos químicos no ano de 2018, considerando apenas os produtos de classe A.

Após se apresentarem estes resultados ao Departamento de Inovação do Produto, este estudo ficou em *stand by*, para avaliação da linha e do real impacto que os desvios de quantidade tinham no produto final, já que são necessários muitos conhecimentos em química e experiências laboratoriais.

Segundo o Departamento de Inovação do Produto, o valor do desvio mais preocupante para a qualidade do produto são as 24 gramas a mais do Acelerador TMTD, visto que é considerado um “ultra acelerador” da vulcanização, o que faz com que seja necessário menos tempo na fase de pré-cura e, uma vez que o tempo de estufa definido é sempre o mesmo, o material não vai vulcanizar adequadamente, sendo provável o aparecimento de porosidades [74].

3.3.2 Contaminações

A contaminação acontece quando, no material, estão incorporados elementos (substâncias, sujidades e/ou outros materiais) que não fazem parte da respetiva constituição e prejudicam a sua *performance* de distintas formas. Há vários de tipos de contaminação que podem causar problemas a nível das características específicas do material e/ou a nível do aspeto visual, como representado na Figura 53.



Figura 53. Exemplos de diferentes tipos de contaminações.

Como se pode verificar nos exemplos da Figura 53, o aspeto visual do material foi prejudicado por contaminações com material de outras referências, com bolores, com madeira de paletes e com fios dos *bigbags*. De forma a identificar e analisar as possíveis causas deste defeito e, com base na informação recolhida junto dos operadores, foi contruído o diagrama de Ishikawa (Figura 54).

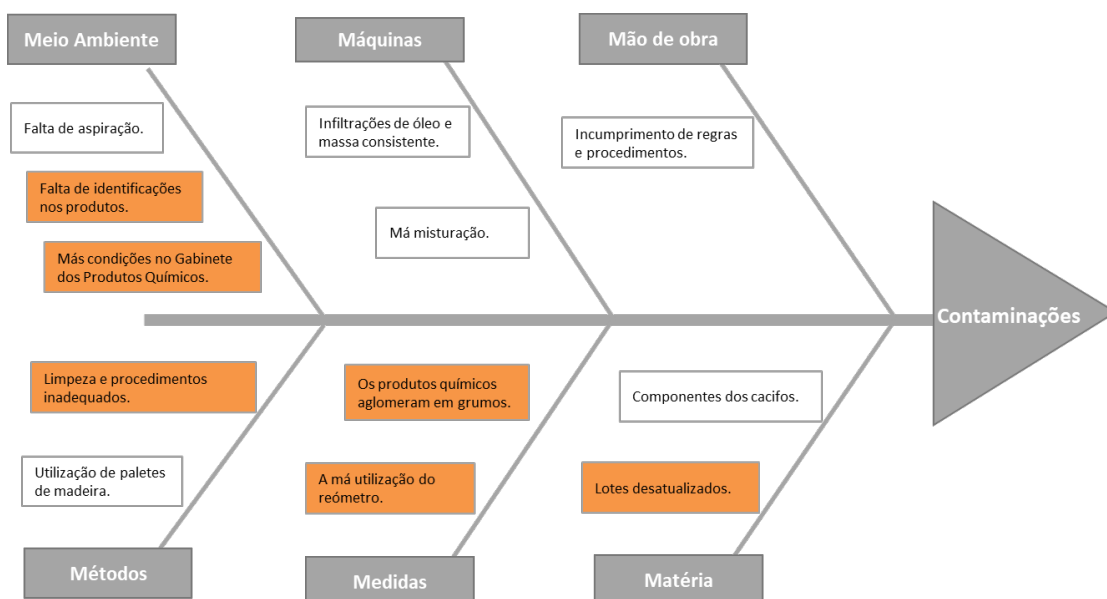


Figura 54. Diagrama Ishikawa - Contaminações.

À semelhança do defeito das porosidades, a atenção foi focalizada nas causas cujas ações de melhoria apresentavam maior impacto e facilidade de implementação. No diagrama da Figura 54, essas causas estão destacadas com um sombreado laranja.

3.3.2.1 Condições inadequadas no Gabinete dos Químicos

Problema

Uma das causas da contaminação do produto relacionava-se com as más condições no Gabinete dos Produtos Químicos (GQ). Tal como foi referido, este espaço tem como finalidade o armazenamento de produtos químicos, que não têm um cacifo disponível nas linhas de produção (CR1 e CR2), assim como o controlo das pesagens. O estado em que se encontrava este local, além de prejudicar a qualidade do produto final, devido a contaminações do material, caracterizava-se por ser um dos espaços da empresa com piores condições de trabalho para os operadores, a nível da segurança e da saúde no trabalho.

Ações de melhoria

Para resolver esta situação foi aplicado o método 5S's no Gabinete dos Produtos Químicos, que será descrito de seguida com o auxílio de várias imagens.

Como se pode verificar na Figura 55, este espaço encontrava-se lotado de sacos de produtos químicos, sendo que muitos deles estavam abertos e correspondiam ao mesmo produto, não havendo conhecimento daqueles que realmente tinham de estar armazenados naquele local (Figura 55).



Figura 55. Gabinete dos Produtos Químicos antes de se implementar o método 5S's.

Inicialmente, realizou-se um levantamento de todos os produtos químicos utilizados nas duas linhas, fez-se uma separação por linha e avaliaram-se os produtos mais utilizados, que necessitavam, efetivamente, de estar nos cacifos de cada uma das linhas. Desta forma, concluiu-se que eram necessários treze contentores no Gabinete dos Produtos Químicos, correspondentes os treze produtos sem cacifos disponíveis (Tabela 19).

Tabela 19. Levantamento dos Produtos Químicos.

Código	Descrição Artigo	Linha 1	Linha 2	Gabinete dos Químicos
2APQ1003	Acel. DPG	X	X	
2APQ1004	Acel. MBTS	X	X	
2APQ1005	Acel. CBS	X	X	
2APQ1006	Acel. TMTM	X	X	
2APQ1007	Acel. TMTD	X	X	
2APQ1009	Peróxido D.I.P.P	X		
2APQ1013	Acel. TBSI			X
2APQ1014	Rhenofit Trim/S a 70%			X
2APQ1015	Saret 519			X
2APQ2001	Óxido de Zinco	X	X	
2APQ2002	Ácido Esteárico		X	X
2APQ2004	Estearato Sódio			X
2APQ3003	Polietileno Glicol		X	X
2APQ3009	Struktol A60		X	
2APQ3012	Deoflow A		X	
2APQ5001	Óxido Ferro Vermelho		X	X
2APQ5002	Óxido Cromio Verde			
2APQ5003	Dióxido Titanio Rutilo		X	
2APQ5004	Oxido Ferro Castanho 610			X
2APQ5006	Microfen Blue		X	
2APQ5011	Microfen Green 419			X
2APQ5012	Oppasin Yellow			X
2APQ6002	Vulcadur A / RESINA DUREZ 12687	X	X	
2APQ6004	Resinas Claras	X	X	
2APQ7002	Negro FEF N550	X	X	
2APQ8001	Antioxidante T.M.Q.		X	
2APQ8002	Antioxidante O.D.P.A.		X	
2APQ8004	Antioxidante IPPD		X	
2APQ8005	Antioxidante S.D.P.A.		X	
2APQ9001	Cera Antiozonante		X	X
2APQA001	Enxofre	X	X	
2APQA002	Óxido de Magnésio		X	
2APQC002	ADC Activada	X		X
2APQD002	Cera Polietileno		X	
2APQK001	Óxido de Cálcio Kezadol Gr			X
Nº cacifos disponíveis		12	24	Cacifos
Total produtos químicos da linha		15	33	necessários
Produtos químicos sem cacifo		4	9	13

A partir do levantamento dos Produtos Químicos efetuado anteriormente, foi realizado um esquema do *layout* pretendido no Gabinete dos Produtos Químicos (Anexo H), de forma a aproveitar o máximo de espaço possível. Posteriormente, implementou-se a metodologia 5S's no terreno, que será apresentada de seguida.

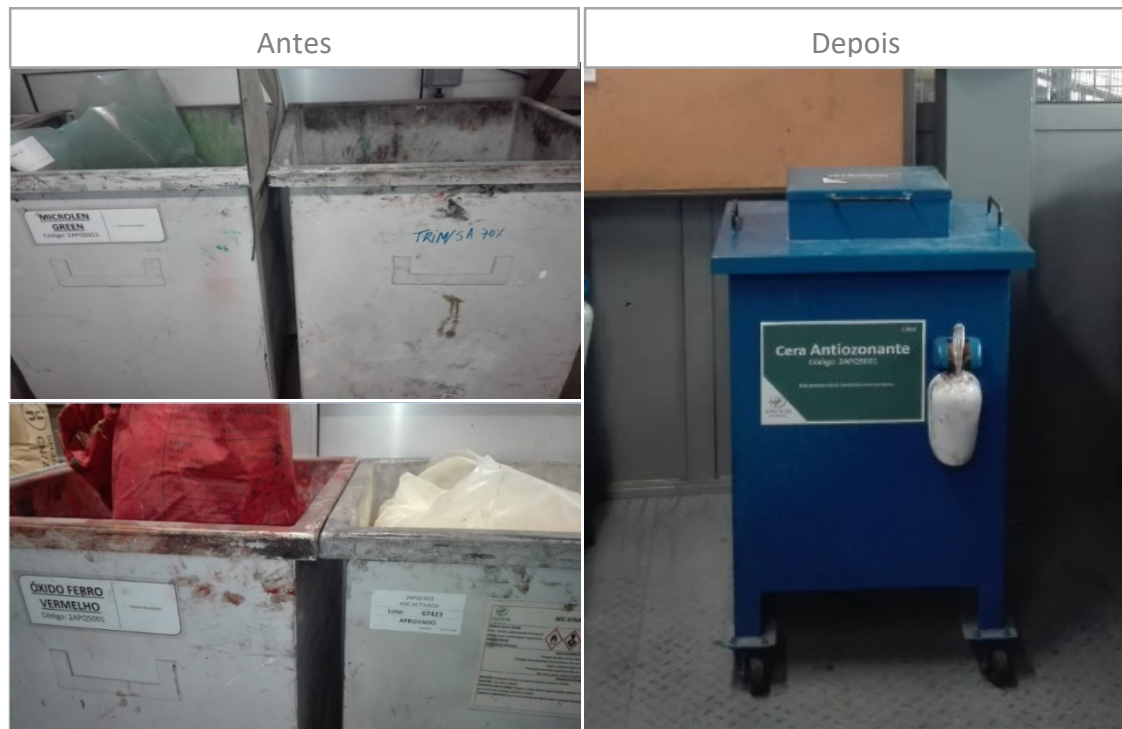


Figura 56. Antes e depois da implementação dos 5S's – Organização e identificação dos contentores.

Antes

Como se pode verificar na Figura 56, os contentores onde eram armazenados os produtos químicos estavam abertos e, tendo em conta que a estrutura metálica do piso sofre muita vibração com os equipamentos e passagem de *stackers*, o pó químico “levanta”, tornando o ambiente dentro do GQ praticamente irrespirável. Alguns contentores não tinham identificação e outros estavam identificados manualmente, ou com etiquetas diferentes sem informação suficiente.

Depois

Os contentores foram limpos, arranjados e pintados com a cor da área (azul marinho). Em cada um dos contentores foi colocada uma tampa, não só para evitar contaminações do material, mas também por uma questão de higiene e segurança para os operadores. Em conjunto com o Departamento de Segurança e Saúde no Trabalho, foram realizadas novas identificações com os pictogramas e frases de segurança, de forma a alertar os operadores para o perigo desta matéria-prima e, simultaneamente, sensibilizá-los para a importância do uso dos EPI's.

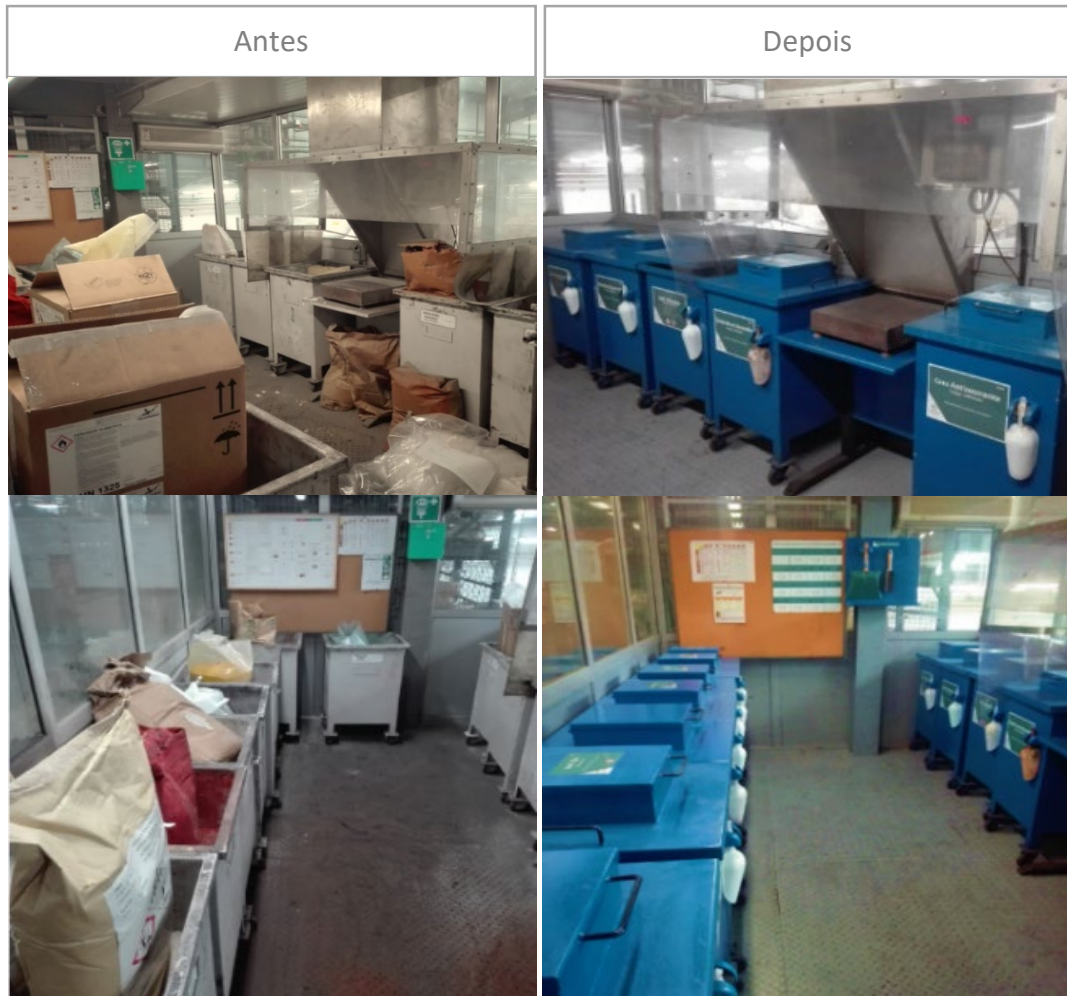


Figura 57. Antes e depois da implementação dos 5S's – Pá doseadora.

Antes

Como se pode ver na Figura 57, o espaço estava bastante desorganizado e sujo. Era utilizada a mesma pá doseadora de produto químico para todos os produtos químicos. Este aspeto, além de ser suficiente para que sejam provocadas contaminações, também se refletia num desperdício de tempo, pois, sempre que o operador necessitava de fazer uma pesagem, tinha de procurar a pá doseadora, que podia estar dentro de qualquer embalagem de químico ou caída dentro do próprio contentor.

Depois

Para colmatar esta falha, foi colocado um aplicador em todos os contentores, para suportar uma pá doseadora individual para cada produto químico. Desta forma, evitam-se contaminações e perda de tempo desnecessária.



Figura 58. Antes e depois da implementação dos 5S's – Armário de apoio.

Antes

Como se pode observar na Figura 58, dentro do Gabinete dos Produtos Químicos encontrava-se um armário que não estava a ser aproveitado. Além de estar em más condições, era utilizado para colocar resíduos, como, por exemplo, garrafas de água vazias, frascos sem identificação e sacos. Este armário era ainda utilizado para servir de apoio ao arquivo das instruções de fabrico de todos os artigos, que se encontrava com imenso pó químico acumulado e, por isso, as folhas das instruções estavam em mau estado. Estas condições passavam uma imagem de desmazelo por parte da equipa da área.

Depois

O armário foi recuperado, pintado e, no seu interior, foi colocado um aspirador industrial para aspirar as sujidades e pó químico do Gabinete dos Químicos. O arquivo das instruções de fabrico dos diferentes artigos passou a estar guardado no gabinete dos supervisores e *team leaders*. Sempre que surgiam dúvidas, o supervisor ou o *team leader* disponibilizava o documento pretendido aos operadores e, assim que esclarecidos, voltava a colocá-lo no arquivo. Desta forma, evitou-se a circulação, dano e perda das instruções de fabrico, que até então acontecia frequentemente.

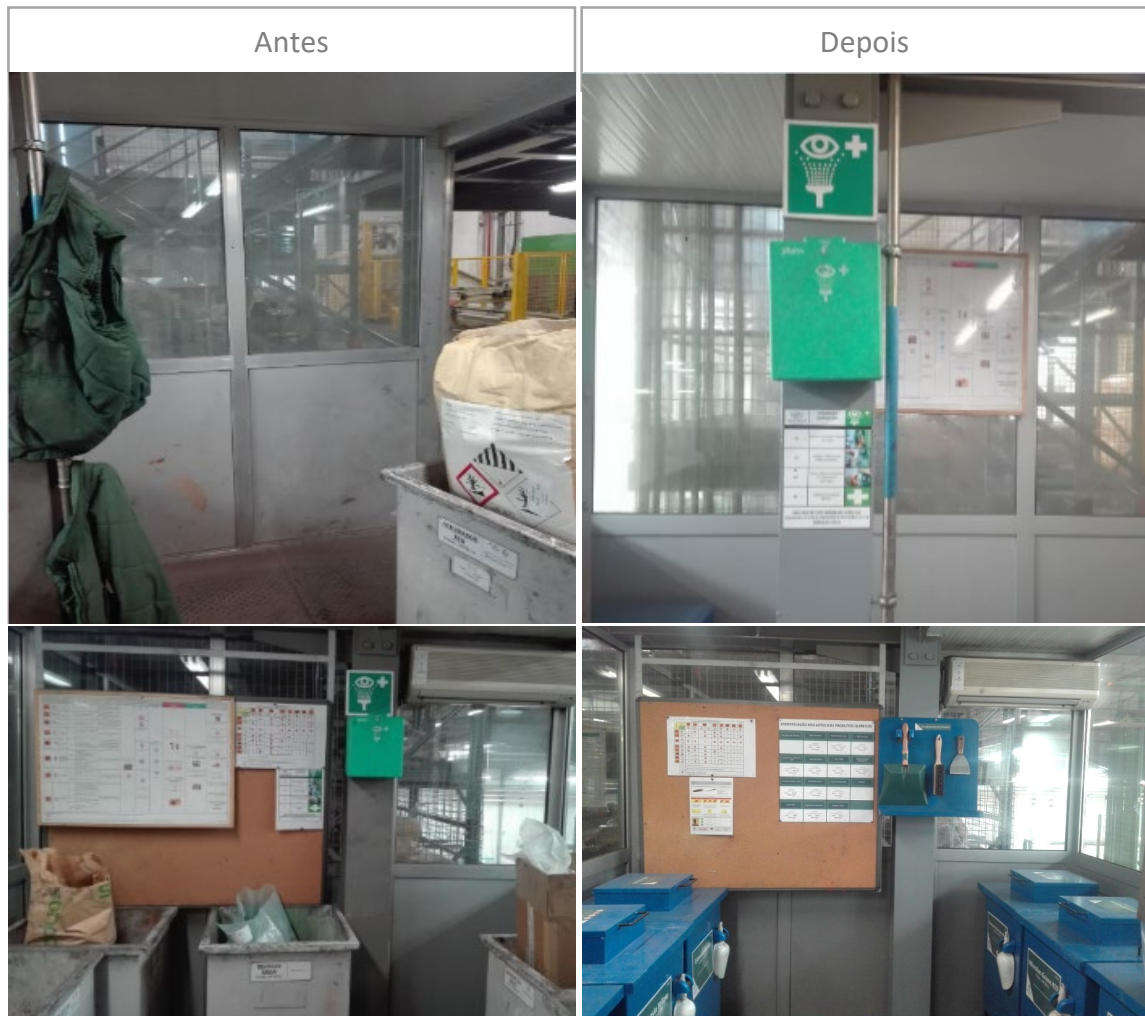


Figura 59. Antes e depois da implementação dos 5S's – Material de segurança.

Antes

Como se pode verificar a partir da Figura 59, o lava-olhos e o quadro com informação de segurança, que são elementos fundamentais no espaço, encontravam-se longe do local das pesagens. Além da distância para chegar até ao local, era necessário desimpedir o espaço, pois estavam contentores e embalagens de produtos químicos à frente do lava-olhos e da informação relativa aos procedimentos de segurança. Ou seja, caso acontecesse um acidente, não era possível haver uma ação imediata por parte do operador.

Depois

O lava-olhos e o quadro com as informações de segurança foram colocados perto do local das pesagens e o espaço foi desimpedido, de forma a facilitar o acesso, pois, tal como foi referido, com a quantidade de embalagens de produto químico disperso pelo chão, a movimentação dentro do Gabinete dos Químicos era praticamente impossível. No local onde estava, anteriormente, o quadro com a informação de segurança, foi

aplicado um quadro de atualização dos lotes, que será apresentado posteriormente, e um suporte com ferramentas de limpeza, que incluía uma pá, uma escova e uma espátula.



Figura 60. Antes e depois da implementação dos 5S's – Hotte

Antes

Devido ao facto de a *hotte* estar em más condições, os operadores deslocavam a balança do seu interior para facilitar a pesagem dos produtos químicos (Figura 60). Desta forma, além dos operadores ficarem expostos diretamente ao pó químico, sempre que a balança era deslocada, carecia de calibração, o que raramente acontecia, visto que as movimentações da balança não eram comunicadas ao Departamento de Metrologia.

Depois

Foi realizada manutenção à *hotte*, sendo que alguns dos seus componentes, como o material acrílico e as lamelas, foram substituídos. A balança foi limpa e colocada no devido lugar, sendo depois solicitada ao Departamento de Metrologia, a sua calibração.

Para promover os últimos dois sensos, padronização e disciplina, realizou-se uma OPL (*One Point Lesson*), que se pode consultar no Anexo I, na qual são descritas boas práticas de utilização do espaço, de forma a sensibilizar os operadores a manterem as condições de trabalho adequadas, desde que começam as suas funções, até à entrada do turno seguinte.

3.3.2.2 Lotes desatualizados

Problema

Como foi referido anteriormente, um dos motivos mais frequentes que cria insatisfação ao cliente é o facto do produto estar contaminado, sendo que uma das fontes de contaminação é o excesso de um dos seus componentes, neste caso, o próprio produto químico.

No decorrer do estágio, foi verificado que a análise às reclamações, devido a contaminações de produtos químicos, muitas vezes não é feita corretamente, devido à perda da rastreabilidade do processo. Isto é, os produtos químicos têm um lote associado, que é registado em cada produção, para que não se perca a rastreabilidade e haja controlo da validade dos produtos químicos. Porém, neste processo foram identificados alguns problemas.

A perda de rastreabilidade justifica-se pelo facto de a informação dos lotes estar desatualizada. As etiquetas com informação do produto químico estavam coladas numa bolsa de catálogo, atrás de um armário e/ou no exterior dos cacifos. Nestas etiquetas eram visíveis lotes de 2016 (Figura 61).



Figura 61. Informação dos lotes dos produtos químicos desatualizada.

Ação de melhoria

No sentido de evitar que esta situação prevalecesse, foi implementado um quadro para a atualização dos lotes, tanto na linha CR1 como no Gabinete dos Produtos Químicos (Figura 62).

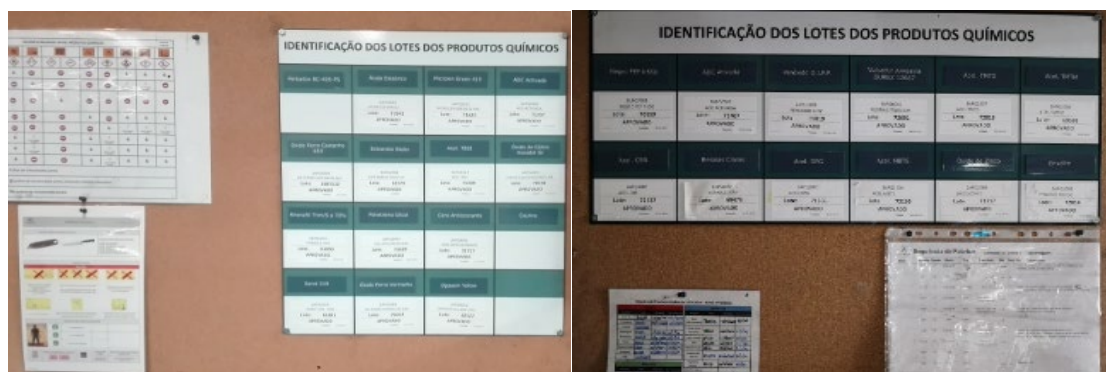


Figura 62. Quadro de atualização dos lotes

Assim, sempre que é inserido um produto químico com novo lote num cacifo da linha ou num dos contentores presentes no Gabinete dos Produtos Químicos, o operador selecionado para ser responsável por retirar a etiqueta da embalagem e colocá-la no quadro, executa a sua tarefa. Desta forma, a equipa consegue facilmente manter a informação atualizada e fazer registos fidedignos, evitando a perda de rastreabilidade.

3.3.2.3 Utilização do reómetro

Problema

Como foi referido na fase da descrição da linha, a análise reométrica é o único controlo, além do controlo do aspeto visual, que existe durante o processo de aglomeração. Este consiste em dois pratos aquecidos e um medidor de binário. A amostra é aquecida até à temperatura de vulcanização e é medida a resistência do composto de borracha em função do tempo.

Através da curva reométrica, é possível analisar a evolução da vulcanização do material. Este controlo é muito importante para detetar contaminações com produto químico, analisar o impacto das quantidades de aceleradores na mistura e não se perder a rastreabilidade do processo.

Durante o estágio, foi percecionada a falta de cuidado com este controlo, pois os operadores não sabiam interpretar as curvas de vulcanização obtidas através do reómetro, não o mantinham limpo e, acima de tudo, não tinham a verdadeira perceção da importância deste controlo.

Ação de melhoria

Para colmatar esta falha, foram tomadas as seguintes ações:

- Foi dada formação aos operadores dos três turnos e à equipa da Qualidade. Esta formação foi lecionada pelo Engenheiro responsável pela formulação química dos artigos, na qual foi assimilada a importância da análise reométrica e a interpretação das respetivas curvas reométricas obtidas no ensaio;
- No posto de trabalho do reómetro foi aplicado o método 5S's. Assim, foi realizada uma triagem para verificar quais os elementos que eram necessários no local e fez-se uma limpeza e foram colocadas as ferramentas adequadas à limpeza do equipamento (Figura 63);
- Ainda enquadrado no método dos 5S's, no que diz respeito aos sensores de normalização e autodisciplina, foi elaborada uma IT (Instrução de Trabalho) na qual estão descritos os passos para realizar o controlo do processo de vulcanização (Anexo J), e uma breve síntese dos conceitos teóricos aprendidos na formação sobre a análise reométrica (Anexo K).



Figura 63. Reómetro antes e depois de aplicar o método 5S's.

Com estas ações, pretendeu-se não só melhorar o controlo, mas também o envolvimento dos operadores, que se mostraram bastante recetivos às mudanças. Tal como citou Robert W. Woodruff, ex-diretor executivo da Coca-Cola: *“são as pessoas e as suas reações que fazem as empresas serem bem-sucedidas ou quebrar”* [75].

3.3.2.4 Falhas no doseamento - formação de grumos

Problema

Devido à matéria-prima ser fornecida em pó, quando sujeita a alguma humidade, esta fica alojada nas paredes do recipiente e, posteriormente, vai formando grumos de pó químico, que podem ser observadas na Figura 64.



Figura 64. Exemplo de grumos de produto químico.

O facto do sem-fim do cacifo, responsável pelo doseamento do produto químico, não ter capacidade para desfazer pó químico compactado, e isso causa dois grandes problemas:

- O sem-fim bloqueia devido ao excesso de material compactado, causando paragens, avarias e perda de rastreabilidade do processo, uma vez que o operador terá de fazer pesagens manuais, o que provoca tempo improdutivo e gastos de manutenção (Figura 65, caso C);

- O sem-fim deixa passar os grumos e acaba por cair mais produto químico na celha do que o pretendido (Figura 65, caso A). Como na celha todos os produtos químicos estão juntos, visto que o recipiente passa pelos vários cacifos previstos na fórmula introduzida no *software*, quando a quantidade de produto químico é inferior ao expectável, o *software* emite um alerta ao operador, para que seja doseado mais produto químico até perfazer o peso estipulado na fórmula. No entanto, este sistema tem uma enorme limitação, que é o facto de não ser possível retirar o produto químico em excesso.

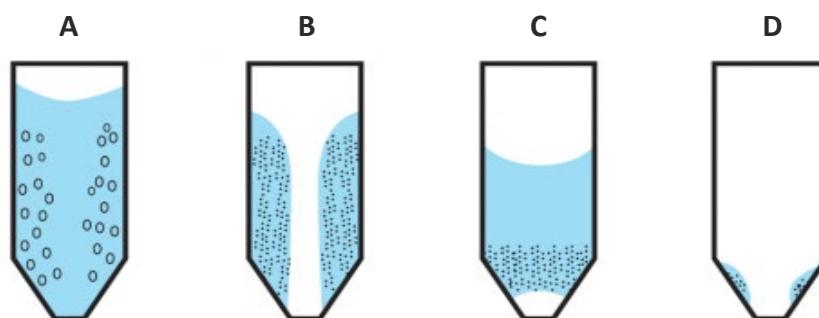


Figura 65. Representação dos diferentes problemas no doseamento dos produtos químicos.

Quando o produto químico cai em excesso e/ou em grumos, dependendo das quantidades, há uma grande probabilidade de o produto ser mal vulcanizado e/ou contaminado com “bolas” de pó químico. Tudo isto gera desperdícios como retrabalho, tempo consumido e/ou defeitos no produto.

Proposta de melhoria

Após serem analisadas as várias possibilidades, tendo em conta a estrutura dos cacifos e valor disponível para investir, concluiu-se que uma solução viável seria a aplicação de fluidificadores nas paredes dos cacifos dos produtos químicos, tal como está representado no esquema da Figura 66.

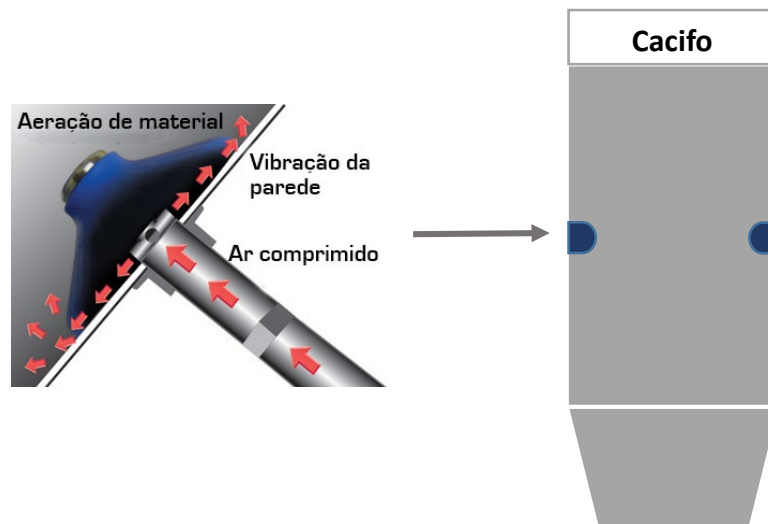


Figura 66. Representação da aplicação de um fluidificador [76].

Os fluidificadores facilitam o fluxo de produtos em pó e grãos, através da pressão e vibração que exercem contra as paredes dos cacifos. Assim, ficou estipulado que seriam aplicados dois fluidificadores nos lados opostos de um cacifo piloto, de forma a testar a eficácia deste método, no processo de doseamento.

Assim, além de se resolver os casos A e C (Figura 65), que são sem dúvida os mais problemáticos, iria evitar-se os casos B e D, representados na Figura 65. Estes demonstram o acumular de pó químico nas paredes e na “boca” de doseamento dos cacifos, respetivamente. Os fluidificadores encomendados, já se encontram na empresa, porém, devido à ocupação por parte do Departamento da Manutenção, ainda não foram aplicados.

3.3.2.5 Infiltração com óleos e massas consistentes

Problema

O Banbury 001, como foi referido anteriormente, é o equipamento responsável pela mistura inicial da matéria-prima. Este equipamento foi fabricado em 1950 e, logicamente, encontra-se degradado, apresentando bastantes limitações, principalmente no que diz respeito à limpeza (Figura 67).



Figura 67. Estado inicial do Banbury 001.

A limpeza deste misturador é essencial e, por esse motivo, está definido que, após a produção de misturas mais escuras e/ou misturas que sejam constituídas por granulado de calibre superior ao da mistura da referência que se irá produzir a seguir, têm de ser produzidos os *pigs* de limpeza, de forma a garantir que os restos da mistura anterior são retirados do Banbury, evitando contaminações do material. Além deste procedimento os operadores têm de limpar externamente o equipamento no final do turno.

Porém, estes procedimentos não eram suficientes, uma vez que as misturas eram frequentemente contaminadas com óleos e massas consistentes (Figura 68). Neste sentido, foi verificado que, com o passar do tempo, foram-se perdendo e/ou danificando as ferramentas adequadas à limpeza do equipamento.

Os operadores limpavam os canais do óleo e massa consistente com ferramentas improvisadas, como, por exemplo, arames, ferros, vassouras e pequenas espátulas, que estavam “arrumadas” num contentor sujo e sem condições (Figura 69).

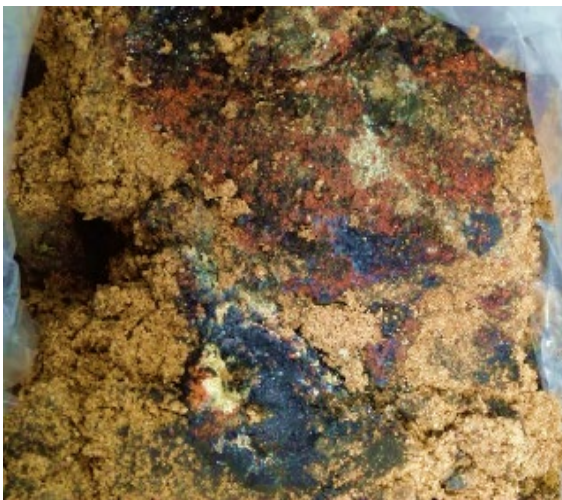


Figura 68. Mistura contaminada



Figura 69. Ferramentas de limpeza do Banbury no passado.

Ação de melhoria

No sentido de colmatar este problema, tendo em conta as necessidades apontadas pelos operadores, foram desenhadas e construídas ferramentas à medida, adequadas ao equipamento (Figura 70) e o respetivo suporte, de forma a que as ferramentas estejam sempre organizadas e limpas (Figura 71). Estas ferramentas foram contruídas também para o Banbury 002 da linha CR2.



Figura 70. Ferramentas de limpeza atuais dos Banbury's.



Figura 71. O antes e o depois do espaço reservado às ferramentas de limpeza.

3.4 Outros trabalhos

No decorrer do estágio foi desenvolvido algum trabalho extra, isto é, fora do âmbito da redução das contaminações e das porosidades, porém, sempre com o objetivo de melhorar a área CRM e as condições de trabalho dos operadores. Algumas destas melhorias foram replicadas para a linha CR2.

3.4.1 Melhorias no piso de recarga

O 3º Piso da estrutura, onde está montada a linha, e é possível realizar a pesagem do granulado que está dentro dos silos, assim como fazer a recarga dos produtos químicos, encontrava-se frequentemente sobrecarregado com sacos desses mesmos produtos. Estes sacos eram lá colocados com o intuito de facilitar a recarga dos cacifos, evitando a deslocação do operador ao armazém de cada vez que era necessário colocar produto químico no respetivo cacifo.

Para melhorar as condições deste local e evitar confusões desnecessárias que levassem à inserção de um produto químico no cacifo errado, estabeleceram-se espaços individuais para cada produto. Estes espaços foram identificados com uma etiqueta que, além da informação relativa ao produto, também indicam o número máximo e mínimo de embalagens que devem lá estar. Acrescido à informação da etiqueta, realizaram-se marcações no chão, de forma ao número máximo de embalagens estar limitado visualmente e os operadores colocarem as embalagens na posição correta, de modo a não ultrapassar os limites. Assim, a gestão do *stock* ficou mais facilitada (Figura 72). Outro aspeto considerado relevante, foi o método de transporte e movimentação dos sacos e caixas de produto químico que era feito manualmente, pelo operador, sem qualquer auxílio. Para facilitar esta tarefa, introduziu-se um carrinho de mão no piso. Este trabalho foi replicado para a linha CR2.

3.4.2 Otimização do processo de doseamento de produtos químicos

Problema

No decorrer do estágio, durante a produção dos artigos, verificou-se que o doseamento dos produtos químicos é bastante demorado, uma vez que, o carrinho com o recipiente para a recolha de químico percorria uma grande distância, desnecessariamente. O enxofre, por exemplo, que é um produto químico utilizado em praticamente todos os artigos, está posicionado no último cacifo. Na Figura 73 é apresentada a disposição atual dos cacifos de produto químico.

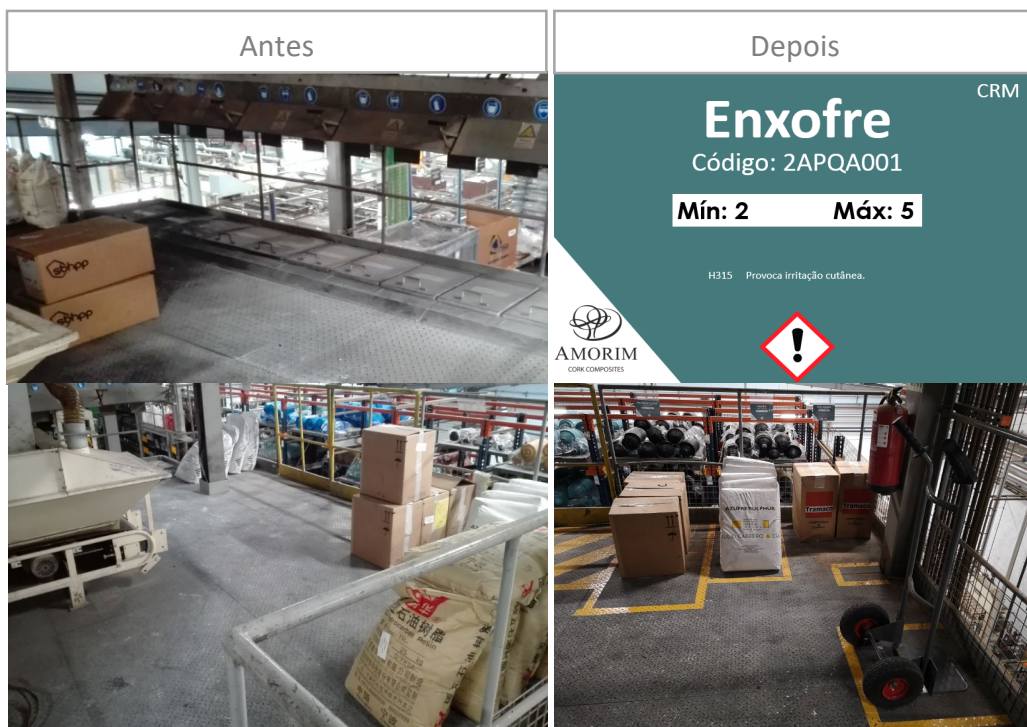


Figura 72. Estado anterior e atual do piso de recarga - 3º piso.

Para análise deste procedimento, foi considerado, em particular, o ciclo de produção do artigo 1521, pois é o artigo de classe A com maior impacto a nível de produção da linha CR1, tal como foi mencionado anteriormente, e se pode confirmar no Anexo D.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Negro FEF N550	ADC Ativada	Peróxido D.I.P.P.	Vulcadur A/ Resina DUREZ 12687	Acel.TMTD	Acel.TMTM	Acel. CBS	Resinas Claras	Acel. MBTS	Acel. DPG	Óxido de Zinco	Enxofre
2AQ7002	2APQC002	2APQ1009	2APQ6002	2APQ1007	2APQ1006	2APQ1005	2APQ6004	2APQ1003	2APQ1004	2APQ2001	2APQA001




Figura 73. Disposição atual dos cacifos de produto químico.

Esta observação levantou questões sobre o princípio de funcionamento e organização desta estrutura de cacifos e, conseqüentemente, deu origem a um estudo.

Assim, para o artigo 1521 constatou-se que:

- É constituído pelos produtos químicos Negro FEF N505, Acelerador TMTM e por Enxofre (sombreados a amarelo na imagem anterior);
- O tempo de ciclo, que é o tempo que o carrinho demora desde que sai da origem até que volta, é de 60 segundos;
- Tendo em conta o percurso de ida e volta e o facto de serem doze cacifos, conclui-se através da expressão: $60 \div 2 \div 12$, que o carrinho demora 2,5 segundos a deslocar-se de um cacifo para o outro;
- Tendo em conta a posição do cacifo, determinou-se o tempo de deslocação atual para uma celha, através do seguinte cálculo:

$$(2,5) + (2,5 \times (5 - 1)) + (2,5 \times (12 - 5)) + 30 = 60 \text{ s}$$

- Para se produzir um bloco do artigo 1521, são necessárias três celhas;
- Assim, através do cálculo apresentado de seguida, concluiu-se que o tempo de deslocação em 2018 na produção do artigo 1521 foi aproximadamente 13,37 dias.

$$(6417 \text{ blocos} \times 3 \text{ celhas}) \times 60 \text{ s} = 1155060 \text{ s} \approx 13,37 \text{ dias}$$

Proposta de melhoria

No sentido de colmatar este problema, fez-se um estudo para se concluir qual seria a disposição correta dos produtos químicos nos doze cacifos disponíveis da linha CR1. Para tal, foram selecionados os dezassete produtos químicos utilizados na produção da linha CR1 e todos os artigos de classe A, construindo-se a matriz da Tabela 20, em que $P_{ij} = 1$ significa que o produto químico j ($j = 1, \dots, 17$) entra na composição do artigo i .

Tabela 20. Seleção dos produtos químicos usados nos artigos de Classe A.

Código	Prod. Químico	Ref. Artigo	Produtos Químicos CLASSE A											Nº de Artigos Cl. A	Cacifos	
			1521	2549	NL76	CDM01	S112	VC95	1049	1237	H70L	NC733	1028			1235
2APQA001	Enxofre		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	12	1
2APQ6004	Resinas Claras		0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	6	2
2APQ1007	Acel. TMTD		1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	5	3	
2APQ1006	Acel. TMTM		0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	4	
2APQ2001	Oxido de Zinco		0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	2	5	
2APQ6002	Vulcadur A / RESINA DUREZ		0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	6	
2APQ7002	Negro FEF N550		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	7	
2APQC002	ADC Activada		0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	8	
2APQ1003	Acel. DPG		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	9	
2APQ1004	Acel. MBTS		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	10	
2APQ5001	Oxido Ferro Vermelho		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
2APQ1005	Acel. CBS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	
2APQ1009	Peróxido D.I.P.P		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	
2APQ2002	Acido Esteárico		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
2APQ2004	Estearato Sódio		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	
2APQ5012	Oppasin Yellow		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	
2APQA002	Oxido de Magnésio		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	
% de produção			0,183	0,160	0,100	0,061	0,058	0,055	0,038	0,031	0,026	0,026	0,024	0,022		

Através da Tabela 20, concluiu-se que, nos artigos de Classe A, só eram utilizados dez dos doze produtos químicos que iriam corresponder aos doze cacifos disponíveis na linha. Os dez produtos químicos encontram-se destacados na Tabela 20, dentro de um retângulo vermelho. Por este motivo, foram também considerados os Artigos de Classe B para todos os cálculos.

Para resolver esta questão matemática, recorreu-se à programação linear, mais precisamente ao método do problema de afetação, pois o posicionamento dos produtos químicos nos cacifos pode ser interpretado como um problema de afetação, uma vez que cada produto químico é colocado em apenas um dos cacifos e em cada um dos cacifos só pode ser colocado um produto químico.

No sentido de se modelar o problema em causa como um problema de afetação, é fundamental definir os coeficientes da função. Para o efeito, elaborou-se um estudo com base nos artigos de classe A e B produzidos no ano 2018, que foram considerados para os cálculos do método de otimização. Desta forma, utilizou-se o índice i para representar os “ n ” artigos da classe A e da classe B que foram analisados. Representa-se por q_i , $\forall i = 1, \dots, n$ o fator de ponderação do artigo i , em que q_i foi determinado no cálculo da frequência de produção aquando a realização da análise ABC e resume-se à divisão do valor da produção de um artigo em 2018 pelo valor da produção total nesse ano.

Assim:

$$i - \text{Artigo}; (i = 1, \dots, n)$$

Q_i – Quantidade produzida no ano de 2018 do artigo i

$$q_i = \frac{Q_i}{\sum_{i=1}^n Q_i} \quad (5)$$

Na Tabela 21, encontra-se resumido o que foi referido anteriormente, ou seja, esta tabela pode ser interpretada como uma matriz com “n” colunas, que correspondem aos artigos do tipo A e B, cuja produção foi analisada, e “m” linhas, correspondentes aos dezassete produtos químicos que devem ser posicionados nos doze cacifos. Assim, realizou-se uma matriz $n \times m$ na qual o n representa a coluna dos artigos e o m a linha dos produtos químicos. Esta matriz foi denominada por P_{ij} , sendo que j corresponde ao produto químico.

$$(j = 1, \dots, m)$$

Como se pode verificar na Tabela 21, a última linha corresponde ao fator de ponderação q_i , correspondente a cada artigo i .

Tabela 21. Matriz P_{ij} - seleção dos produtos químicos usados nos artigos de Classe A e B e cálculo do q_i .

Artigo i	Produtos Químicos CLASSE A												Produtos Químicos CLASSE B			
	1521	2549	NL76	CDM01	S112	VC95	1049	1237	H70L	NC733	1028	1235	1523	W102	N709	GT56
Acel. DPG	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acel. MBTS	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acel. CBS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acel. TMTM	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acel. TMTD	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0
Peróxido D.I.P.P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Óxido de Zinco	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ácido Esteárico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estearato Sódio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Óxido Ferro Vermelho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Oppasin Yellow	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vulcadur A / RESINA DURE	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Resinas Claras	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	0	0
Negro FEF N550	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Enxofre	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Óxido de Magnésio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ADC Activada	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
q_i (% de produção)	18,299	16,029	10,035	6,074	5,846	5,544	3,776	3,094	2,589	2,584	2,418	2,170	1,808	1,506	1,397	1,009

Assim, se $P_{ij} = 1$ significa que o produto químico j entra na composição do artigo i . Tendo em consideração que para formular o problema de afetação é necessário ter o mesmo número de tarefas e o mesmo número de indivíduos, realizou-se uma matriz quadrada, ou seja, para um número de produtos químicos tem de estar atribuído o

mesmo número de cacifos. Tendo em conta que se estavam a considerar os dezassete produtos químicos utilizados nos artigos da linha CR1 e os doze cacifos disponíveis na linha, foi necessário acrescentar à matriz cinco cacifos fictícios.

Desta forma, sendo:

- k , o índice de posição no cacifo.

$$(k = 1, \dots, m)$$

- E t_k , o Tempo que demora o percurso do carrinho tendo em conta a disposição dos cacifos na linha.

O C_{jk} é o custo de colocar o produto químico j na posição no cacifo k , e calcula-se a partir da seguinte expressão:

$$C_{jk} = \sum_{i=1}^n P_{ij} \times q_i \times t_k \quad (6)$$

Neste caso prático, o “custo” refere-se ao tempo necessário para o carrinho se deslocar até aos cacifos dos produtos químicos que constituem o artigo que está a ser produzido. Na Tabela 22 é apresentado um exemplo dos resultados obtidos. No Anexo L encontra-se uma análise mais detalhada.

Tabela 22. Exemplo da matriz C_{jk} – Custo de colocar o produto químico j do cacifo da posição k .

		Posição k				
		1	2	3	4	5
	Prod. Químico j					
1	Acel. DPG	13,86	27,72	41,58	55,44	69,29
2	Acel. MBTS	13,86	27,72	41,58	55,44	69,29
3	Acel. CBS	0	0	0	0	0
4	Acel. TMTM	43,38	86,76	130,14	173,52	216,90
5	Acel. TMTD	114,73	229,47	344,20	458,94	573,67
6	Peróxido D.I.P.P	1,44	2,88	4,32	5,76	7,20
7	Óxido de Zinco	44,94	89,88	134,82	179,77	224,71
8	Ácido Esteárico	0	0	0	0	0

É importante referir que a quantidade de produto químico utilizada em cada artigo não é um dado relevante, visto que apenas se está a avaliar os movimentos que o carrinho tem de fazer.

Por fim, realizou-se a matriz X_{jk} com o objetivo de afetar um produto químico a cada cacifo disponível, de forma a minimizar o tempo de descarga e, conseqüentemente, a otimizar a linha de produção.

Para formular este problema de afetação, foram definidas as seguintes variáveis de decisão:

Variáveis de decisão

$$X_{jk} = \begin{cases} 1, & \text{se o produto químico } j \text{ é colocado na posição } k \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad X_{ij} \in \{0,1\}$$

Função Objetivo

$$\text{Min } z = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m C_{jk} \times X_{jk} \quad (7)$$

Restrições:

Restrição 1: cada cacifo só pode ser colocado um produto químico:

$$\sum_{j=1}^m X_{jk} = 1 \quad \forall k = 1, \dots, m \quad (8)$$

Restrição 2: cada produto químico só pode ser afeto a um cacifo:

$$\sum_{k=1}^m X_{jk} = 1 \quad \forall j = 1, \dots, m \quad (9)$$

Deste modo, com auxílio da ferramenta *Solver* do MS Excel[®], foram obtidos os resultados apresentados na Tabela 23.

Tabela 23. Afetação do produto químico ao respetivo cacifo.

Ordem	Prod. Químico j	Posição cacifo k																	Restrição 2
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
1	Enxofre	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
2	Acel. TMTD	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
3	Resinas Claras	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
4	Negro FEF N550	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
5	ADC Activada	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
6	Óxido de Zinco	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
7	Acel. TMTM	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
8	Vulcadur A / RESINA DUREZ 12687	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
9	Acel. MBTS	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	Acel. DPG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
11	Óxido Ferro Vermelho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
12	Peróxido D.I.P.P	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
13	Oppasin Yellow	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
14	Estearato Sódio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
15	Ácido Estearico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
16	Acel. CBS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
17	Óxido de Magnésio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Restrição 1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Como se pode concluir, foi determinada a ordem correta para a disposição dos produtos químicos nos cacifos, de forma a otimizar a linha de produção CR1. Para perceber o impacto da alteração da disposição dos cacifos, fez-se o cálculo do tempo de produção que seria necessário em 2018 para o artigo 1521, caso os produtos químicos estivessem dispostos nos cacifos na ordem correta, como apresentados na Figura 74.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Enxofre	Acel.TMTD	Resinas Claras	Negro FEF N550	ADC Activada	Óxido de Zinco	Acel.TMT M	Vulcadur A/ Resina DUREZ 12687	Acel. MBTS	Acel. DPG	Óxido Ferro Vermelho	Peróxido D.I.P.P.
2APQA001	2APQ1007	2APQ6004	2AQ7002	2APQC002	2APQ2001	2APQ1006	2APQ6002	2APQ1003	2APQ1004	2APQ5001	2APQ1009

Figura 74. Representação da disposição correta dos cacifos de produto químico

Com esta nova disposição, o tempo de deslocação necessário, para fazer uma celha, passaria a ser de 20 segundos, como se pode concluir pela seguinte expressão:

$$(2,5) + (2,5) + (2,5 \times (4 - 2)) + (2,5 \times 4) = 20 s$$

Assim, o tempo total de deslocação em 2018 na produção do artigo 1521 seria:

$$(6417 \text{ blocos} \times 3 \text{ celhas}) \times 20 s \approx 106,95 h \approx 4,46 \text{ dias}$$

Considerando o valor de tempo total de 13,37 dias, consumido durante a deslocação do carrinho no ano de 2018, na produção do artigo 1521, com a disposição “errada” dos cacifos, então, através do cálculo: $(13,37 \text{ dias} - 4,46 \text{ dias}) \div 13,37 \text{ dias}$, conclui-se que, no caso do artigo 1521, o tempo de movimentação do carrinho diminuiu 66,66%.

Em termos práticos, esta diminuição, significa uma grande otimização para a linha, devido à redução do tempo desperdiçado na operação do doseamento dos produtos químicos e, consequentemente, aumento do tempo disponível do operador para a realização de outras tarefas.

CONCLUSÕES

4.1 Conclusões

4.2 Proposta de trabalhos futuros

4 CONCLUSÕES E PROPOSTAS DE TRABALHOS FUTUROS

Neste último capítulo, é feita uma breve síntese do trabalho realizado e algumas considerações finais relativas ao mesmo. Inicialmente, será apresentada a avaliação ao *status* das ações de melhoria propostas e, posteriormente, os resultados obtidos no ano de 2019, no que diz respeito à rejeição interna de material devido a contaminações e porosidades. Para concluir, serão apresentadas sugestões de trabalho futuro com o objetivo de continuar este projeto, otimizar o processo e melhorar as condições de trabalho.




4.1 CONCLUSÕES

Com a realização do estágio, foram obtidos não só resultados a nível organizacional, mas também a nível pessoal, pois tendo em conta a enorme complexidade da organização e a velocidade com que surgem obstáculos e mudanças de planos, o trabalho em equipa, a interação, a resiliência, a autonomia e a proatividade, são características que obrigatoriamente se têm de desenvolver para que seja possível atingir o sucesso.

No que diz respeito aos objetivos organizacionais, na Tabela 24 estão sintetizadas as principais ações de melhoria, propostas para minimizar as rejeições de produto devido a contaminações e porosidades, sendo que foram realizadas 63,6% das ações planeadas.

Na coluna *status*, o “visto” significa que a ação foi implementada, a “ampulheta” significa que a implementação da ação está em *stand-by* e a “cruz” significa que a ação não será implementada, uma vez que carece de um estudo bastante exaustivo e não é exequível de realizar no tempo útil de estágio.

Tabela 24. Análise ao *status* das ações propostas para diminuir as porosidades e as contaminações.

Objetivo	Solução	Status
	Criar uma IT para estabelecer as dimensões mínimas das aparas por referência.	✓
Diminuição de Porosidades 	Otimizar o calcador da prensa de corte.	
	Implementar o <i>software</i> SPC no computador dos operadores, de forma a não se perder a rastreabilidade e garantir que o peso e altura dos blocos estão a ser devidamente controlados.	

	Perceber e minimizar o impacto do doseamento incorreto dos produtos químicos.	✘
	Aplicar o método 5S's no Gabinete destinado ao armazenamento e pesagem de produtos químicos, e realizar uma OPL de boas práticas.	✓
	Implementar um quadro para a atualização dos lotes na linha CR1 e no Gabinete dos Produtos Químicos.	✓
	Formar os operadores dos três turnos e restantes membros da equipa CRM, no âmbito do controlo da vulcanização do material e interpretação das respetivas curvas reométricas.	✓
Diminuição de Contaminações ↓	Implementar o método 5S's no posto de trabalho onde é feito o controlo reométrico.	✓
	Realizar uma IT na qual estão descritos os passos para realizar o controlo do processo de vulcanização, e uma breve síntese dos conceitos teóricos aprendidos na formação.	✓
	Aplicar fluidificadores nas paredes dos cacifos dos produtos químicos, para desfazer os grumos de pó químico.	⌚
	Desenhar e construir ferramentas específicas e adequadas à limpeza do equipamento de misturação (Banbury).	✓

No que diz respeito aos resultados mensuráveis das ações de melhoria, é importante referir que a organização onde foi desenvolvido este estágio tem um nível de complexidade bastante elevado e todas as alterações, nomeadamente a implementação de ações de melhoria, têm de ser analisadas por diversos departamentos, tais como o da Segurança e Saúde no Trabalho, do Ambiente, da Engenharia de Processo - Melhoria Contínua, Manutenção e Logística – Compras. Por este motivo, e dada a alta rotatividade de colaboradores nesta área (operadores e chefia), a implementação das ações é demorada. A proposta de ações de melhoria foi validada no fim de fevereiro e a implementação começou a ser realizada a partir do fim de março. Desta forma, prevê-se que os resultados comecem a refletir-se a partir do final de junho deste ano.

No gráfico da Figura 75 estão apresentados os valores de rejeição interna nos primeiros meses de 2019.

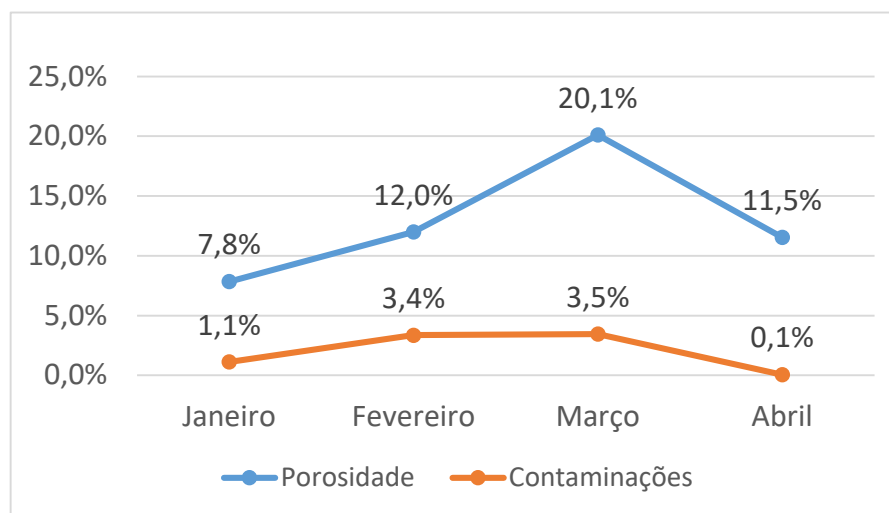


Figura 75. Rejeição interna em 2019 dos artigos 1521 e 2549

Verifica-se que, em relação ao mês de fevereiro, a rejeição de material devido a porosidades e contaminações diminuiu. O pico de rejeição em março pode ser justificado pelo facto de ter sido consumido material de 2018 que estava em *stock*.

Além de ser evidente, como se verificou na Figura 75, que os resultados da rejeição interna não são conclusivos, é relevante referir que os dados das reclamações de 2019 têm de passar por triagem antes de serem considerados na avaliação do impacto das melhorias, uma vez que são dados recentes e, grande parte das vezes, o cliente compra para *stock*, ou seja, a maioria do material enviado em 2019 ainda não foi analisado pelo cliente.

Desde o início do ano até abril, foram abertas três reclamações pelos clientes:

- Duas devido a material com o defeito de porosidade. No entanto, esse material corresponde a lotes de 2017 e 2018;
- E uma devido a contaminações do material, porém, após análise à rastreabilidade, mais uma vez, concluiu-se que era um lote de material de 2018.

No que diz respeito aos resultados obtidos com o estudo do doseamento dos produtos químicos, considerado um trabalho-extra, visto ter sido realizado com o objetivo de otimizar o processo e não no âmbito de minimizar/eliminar defeitos de contaminações e porosidades do material, verificou-se que, no caso da produção do 1521, artigo de classe A, o tempo de doseamento dos produtos químicos será reduzido aproximadamente 67%, após a disposição dos cacifos ser reorganizada.

Por fim, uma última consideração e, provavelmente, a que mais impacto teve a nível pessoal e para o desenvolvimento deste projeto, foi validar o oitavo desperdício da filosofia *Lean*, identificado por Ohno: “a não utilização do potencial humano”.

Sem dúvida que o envolvimento dos operadores foi uma mais-valia. A base deste trabalho foi o *brainstorming* realizado com a equipa CRM. Tendo em conta a complexidade do processo e criticidade da área, tornou-se fundamental a união das pessoas que estão diariamente no terreno. O facto de se envolverem os operadores ao longo do desenvolvimento do projeto, resultou em quatro principais vantagens:

- O *brainstorming* foi considerado um sucesso, pois além dos problemas visíveis da área, os operadores partilharam informação que até então ninguém tinha conhecimento, sendo que parte dessa informação correspondia a causas de problemas;
- Promoveu um melhor ambiente entre os operadores, visto que, para a obtenção de melhorias nas condições de trabalho, se uniram, deixando de parte alguma rivalidade e competição entre eles;
- Foi notória a mudança de comportamento dos operadores, que passaram a valorizar as boas condições do local de trabalho. Isto reflete que o último senso da metodologia 5S's, autodisciplina, foi atingido;
- Por fim, o aspeto mais importante: as alterações que surgiram após a implementação das ações tiveram boa receptividade por parte de todos, uma vez que, desde início, o grupo esteve envolvido.

Neste sentido, este projeto validou a abordagem da gestão japonesa que propõe o envolvimento e o comprometimento de todos os colaboradores. Os líderes, como chefes de equipa, assumem, por vezes, o papel de mestres (*sênseis*), ensinando e encaminhando os seus colaboradores. Como referiu Ohno: “é fundamental criar pessoas pensantes” [23].

4.2 PROPOSTA DE TRABALHOS FUTUROS

Como foi já referido ao longo da dissertação, a área industrial CRM é bastante crítica. Assim sendo, e tendo em conta o tempo limitado de estágio, surgiram várias ideias de propostas de melhoria, de forma a otimizar o processo de fabrico, reduzindo desperdícios e gastos desnecessários, destacando-se as seguintes:

- Análise de investimento para a aquisição de um Banbury para a linha CR1;
- Replicar o quadro de atualização dos lotes para a linha CR2;
- Estudo para redefinir uma estrutura de melhor qualidade para dispor os cacifos de produto químico das linhas CR1 e CR2;
- Estudo sobre a influência das vibrações da estrutura na pesagem dos produtos químicos;
- Atualizar o *software* do Banbury, de forma a não perder a rastreabilidade do processo;
- Estudo sobre o impacto/influência das variações das quantidades de cada produto químico na mistura, completando o estudo “Doseamento incorreto dos produtos químicos” iniciado no âmbito deste estágio e apresentado no subcapítulo 3.3.1.3.

**BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES
DE INFORMAÇÃO**

5 BIBLIOGRAFIA E OUTRAS FONTES DE INFORMAÇÃO

- [1] Gil, L. (2011). *Manual Técnico: A cortiça como material de construção*. Disponível em: <https://www.apcor.pt/portfolio-posts/manual-tecnico-de-materiais-de-construcao-e-decoracao/>. Acedido em julho de 2019.
- [2] Amorim Cork Composites. (2019). Apresentação ISEP: “*Reinventing how cork engages the world*”. Disponível em: http://www.isep.ipp.pt/files/Amorim_CorkComposites.pdf. Acedido em junho de 2019.
- [3] Amorim Cork Composites. *Um dos mais extraordinários produtos da natureza*. Disponível em: <https://www.amorim.com/a-cortiça/o-que-e/>. Acedido em junho de 2019.
- [4] Amorim Cork Composites. *Natural, versátil e sustentável*. Disponível em: <https://www.amorim.com/a-cortiça/caracteristicas/>. Acedido em junho de 2019.
- [5] APCOR – Associação Portuguesa da Cortiça. *Descortiçamento*. <https://www.apcor.pt/cortiça/processo-de-transformacao/descortiçamento/>. Acedido em julho de 2019.
- [6] Grupo Amorim – *A Arte da Cortiça*. Disponível em: https://www.amorim.com/xms/files/Documentacao/Brochura_Arte_Cortiça_PT_Small.pdf. Acedido em agosto de 2019.
- [7] Fortes, M. A., Rosa, M. E. & Pereira, H. (2004). *A Cortiça*. 1ª Edição, IST-Press. Lisboa. ISBN: 978-972-8469-33-7
- [8] Oliveira, E. (2016). *Eficiência de equipamentos numa área de trituração de cortiça*. Disponível em https://recipp.ipp.pt/bitstream/10400.22/9934/1/DM_EmanuelOliveira_2016_MEM.pdf. Acedido em agosto de 2019.
- [9] Chiebao, F. (2011). Manual Revestimento APCOR: *Materiais de Construção e Decoração*. Disponível em http://www.apcor.pt/wp-content/uploads/2015/10/Manual_MCD_PT.pdf. Acedido em julho de 2019.
- [10] Pereira, S., Oliveira, J., Freitas, E. e Machado, P. (2013). *Mechanical performance of asphalt mixtures produced with cork or rubber granulates as aggregate partial substitutes*. Construction and Building Materials 41, 209–215.
- [11] Costa, H., Visconte, L., Nunes, R. e Furtado, C. (2003). *Aspetos Históricos da Vulcanização*. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/%0D/po/v13n2/16581.pdf>. Acedido em maio de 2019.

- [12] Altman, M. (2013). Operamundi: *Hoje na História: 1844 – Charles Goodyear recebe patente da vulcanização da borracha*. Disponível em: <https://operamundi.uol.com.br/historia/29450/hoje-na-historia-1844-charles-goodyear-recebe-patente-da-vulcanizacao-da-borracha>. Acedido em agosto de 2019.
- [13] Gomes, M. Portal da Indústria de Borracha: *Introdução à vulcanização*. Disponível em <http://www.rubberpedia.com/vulcanizacao.php>. Acedido em maio de 2019.
- [14] Gomes, M. Portal da Indústria de Borracha: *Borracha Natural*. Disponível em: <http://www.rubberpedia.com/borrachas/borracha-natural.php>. Acedido em maio de 2019.
- [15] Kumar, C. & Nijasure, A. (1997). “*Vulcanization of Rubber How to Alter Molecular Structure and Influence Physical Properties*”. Disponível em: <https://www.ias.ac.in/article/fulltext/reso/002/04/0055-0059>. Acedido em maio de 2019.
- [16] NP EN ISO 9000:2005, *Sistemas de Gestão da Qualidade – Vocabulários e fundamentos*. (2015). Instituto Português da Qualidade.
- [17] Holl, I. (2019). Empresa CAE Treinamentos - Gurus da Qualidade Total: *conheça 8 grandes nomes e aprenda com eles*. Disponível em: <https://caetreinamentos.com.br/blog/qualidade/gurus-da-qualidade-total/>. Acedido em maio de 2019.
- [18] Cavalcante, Z., Silva, M. (2011). *A Importância da revolução industrial no mundo da tecnologia*. Disponível em: https://www.unicesumar.edu.br/epcc-2011/wp-content/uploads/sites/86/2016/07/zedequias_vieira_cavalcante2.pdf. Acedido em julho de 2019.
- [19] Neves, P. (2007). “*Grandes empresas industriais de um país pequeno: Portugal da década de 1880 à 1ª Guerra Mundial*”. Tese de Doutoramento em História Económica. Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior de Economia e Gestão e Social. 426 pp.
- [20] Pinto, J. *Manual do Formando - Gestão da Qualidade*. ISLA de Leiria. Disponível em: https://elearning.iefp.pt/pluginfile.php/48029/mod_resource/content/0/2 - Manual do formando qualidade.pdf. Acedido em julho de 2019.
- [21] Pires, A. (2016). *Sistemas de Gestão de Qualidade*. 2ª Edição, Edições Sílabo. Lisboa. ISBN: 978-972-618-864-3.
- [22] Sardinha, J., Santos, V., Quinteiros, P., Velloso, V. & Oliveira, E. *A contribuição do Ciclo PDCA e do SCDA na Metodologia Balance Scorecard no Cumprimento de Metas Estratégicas*. Pós-graduando MBA em Gerência Financeira e Controladoria - Programa de Pós-graduação em Administração - PPGA -Universidade de Taubaté. Disponível em:

http://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2008/anais/arquivosEPG/EPG00583_01_O.pdf.

Acedido em setembro de 2019.

[23] Pinto, P. (2014). *Pensamento Lean. A filosofia das organizações vencedoras*. 6ª Edição, Lidel. Lisboa. ISBN: 978-989-752-032-7.

[24] Marino, L. (2006). *Gestão da qualidade e gestão do conhecimento: fatores-chave para produtividade e competitividade empresarial*. Universidade Estadual Paulista-XIII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil.

[25] Hanks, G. (2019). *Flowchart Rules*. Disponível em: <https://bizfluent.com/about-5076433-flowchart-rules.html>. Acedido em maio de 2019.

[26] Damelio, R. (2011). *The Basics of Process Mapping*. 2ª Edição, CRC Press. Londres. ISBN: 978-156-327-376-6.

[27] Domingues, P. (2017). Documento de apoio à Gestão da Qualidade: "As 7 ferramentas básicas da Qualidade". Instituto Superior de Engenharia do Porto.

[28] Santos, J., Gouveia, R., & Silva, F. (2017). *Designing a new sustainable approach to the change for lightweight materials in structural components used in truck industry*. *Journal of Cleaner Production* 164, 115 -123. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.174>

[29] Neves, P., Silva, F., Ferreira, L., Pereira, T., Gouveia, A. & Pimentel, C. (2018). *Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Product*. *Procedia Manufacturing*, 17, 696–704. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.119>

[30] Khawaja, Y., Allahham, A., Giaouris, D., Patsios, C., Walker, S. & Qiqieh, I. (2019). *An integrated framework for sizing and energy management of hybrid energy systems using finite automata*. *Applied Energy* 250, 257–272. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.04.185>

[31] Silva, F., Campilho, R., Ferreira, L. & Pereira, M. (2018). *Establishing Guidelines to Improve the High-Pressure Die Casting Process of Complex Aesthetics*. *Transdisciplinary Engineering Methods for Social Innovation of Industry 4.0*, 887-896.

[32] Behr, A., Moro, E. e Estabel, L. (2008). "Gestão da biblioteca escolar: metodologias, enfoques e aplicação de ferramentas de gestão e serviços de biblioteca," vol. 37, pp. 32-42. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ci/v37n2/a03v37n2.pdf>. Acedido em setembro de 2019.

[33] Duret, D., Pillet, M. (2009). *Qualidade na Produção. Da ISO 9000 aos Seis Sigma*. LIDEL - Edições Técnicas. ISBN: 978-972-757-489-6.

- [34] Zainola, A., Yusofb, W., Mastorc, K., Sanusid, Z. & Ramlie, N. (2009) *Using Group Brainstorming in Industrial Design Context: Factors Inhibit and Exhibit*. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 49, 106 – 119. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.07.010>
- [35] Moulin, C., Kaeri, Y., Sugawara, K. & Abel. M. (2016). *Capitalization of remote collaborative brainstorming activities*. *Computer Standards & Interfaces* 48, 217-224. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2015.11.006>.
- [36] Litcanu, M., Prostean, O., Oros, C. & Mnerie, A. (2015). *Brain-Writing Vs. Brainstorming Case Study For Power Engineering Education* *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 191, 387 – 390. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.452>
- [37] Shen, X., Zhou, J., Yi, L., Hu, X., He, T. & Yang, J. (2016). *Identifying Protein Complexes Based on Brainstorming Strategy, Methods*. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ymeth.2016.07.006>
- [38] Carvalho, J. C. (coord) (2017). *Logística e Gestão da Cadeia de Abastecimentos*. (2ª Edição). Edições Sílabo. Lisboa. ISBN: 978-972-618-894-0
- [39] Ben-Daya, M., Duffuaa, S.O., Raouf, A., Knezevic, J. & Ait-Kadi, D. (2009). *Handbook of Maintenance Management and Engineering*. Springer. Londres. ISBN 978-1-84882-472-0.
- [40] Curva ABC e a sua aplicação à engenharia civil. Disponível em https://projetoengenhario.com.br/curva-abc-e-sua-aplicacao-a-engenharia-civil/?fbclid=IwAR17XjRNrxam994cePv-W8N7r4H50ehZaDXqTGhJiKy7y8mvUT_S9uualfk. Acedido em julho de 2019.
- [41] Barbosa, B., Pereira, M., Silva, F. & Campilho, R. (2017) *Solving quality problems in tyre production preparation process: a practical approach*. *Procedia Manufacturing* 11, 1239 – 1246. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.250>
- [42] Santos, H., Pereira, M., Silva, F. & Ferreira, L. (2018). *A Novel Rework Costing Methodology Applied To a Bus Manufacturing Company*. *Procedia Manufacturing* 17, 631-639. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.109>
- [43] Costa, T., Silva, F. & Ferreira, L. (2017). *Improve the extrusion process in tire production using Six Sigma methodology*. *Procedia Manufacturing* 13, 1104–1111. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.171>
- [44] Yu, M. (2011). *Multi-criteria ABC analysis using artificial-intelligence-based classification techniques* *Expert Systems with Applications*, 38, 3416–3421

- [45] Soares, T. (2014). *Análise da eficácia da aplicação da Metodologia FMEA do Processo - Caso de estudo numa empresa certificada*. Tese de Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores. Instituto Politécnico de Engenharia do Porto. 126 pp.
- [46] Imai, M. (2012). *Gemba Kaizen: A Commonsense Approach to a Continuous Improvement Strategy*. 2ª Edição, McGraw-Hill. New York. ISBN: 978-0-07-179036-9.
- [47] A. Mariajayaprakash and T. Senthilvelan (2013). *Failure detection and optimization of sugar mill boiler using FMEA and Taguchi method*. *Engineering Failure Analysis*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. 88 pp.
- [48] Pedrosa, B. (2014). *Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) aplicada a um Secador Industrial*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. 98 pp.
- [49] Santos, T. (2018). *Reestruturação da Função Manutenção em Empresa do Ramo Alimentar*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia do Porto, 339 pp.
- [50] Araújo, M. (2011). *Melhoria da qualidade na conceção e desenvolvimento do produto*. Tese de Mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Materiais. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 54 pp.
- [51] Cândea, G., Kifor, S. & Constantinescu, C. (2014). *Usage of case-based reasoning in FMEA-driven software*. *Procedia CIRP* 25, 93 – 99. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.016>
- [52] Liu, C., Hwang, S. & Lin, J. (2013). *Safety Analysis of Combined FMEA and FTA with Computer Software Assistance - Take Photovoltaic Plant for Example*. *7th IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management*, 2151-2155.
- [53] Ahire, C. & Relkar, A. (2012). *Correlating Failure Mode Effect Analysis (FMEA) and Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. *Procedia Engineering*, 38, 3482 – 3486. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.06.402>
- [54] Kang, J., Sun, L., Sun, H. & Wu, C. (2017). *Risk assessment of floating offshore wind turbine based on correlation-FME*. *Ocean Engineering* 129, 382–388. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2016.11.048>.
- [55] Tavares, C., Silva, F., Correia, A, Pereira, T., Ferreira & Almeida, F. (2018). *Study of the Optimization Of The Textile Coloristic Performance Of The Bleaching Process Using Pad-Steam*. *Procedia Manufacturing*, 17, 758-765. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.126>

- [56] Pinto, L. (2018). *Aplicação dos 5S's no Fabrico de Torneiras*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 147 pp.
- [57] Michalska, J. & Szewieczek, D. (2017). *The 5S methodology as a tool for improving the organisation*. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 2ª Edição. Vol. 24. Disponível em: http://jamme.acmsse.h2.pl/papers_vol24_2/24247.pdf
- [58] Silva, A., Reis, L., Santos, L., Sandim, M., Pereira, Z. (2015). *Percepção e análise do programa 5S em uma empresa prestadora de serviço*. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Lucas_Reis6/publication/307852127_Perception_and_analysis_of_the_5S_program_at_a_business_service_provider/links/58066c0108aeb85ac85f55c9/Perception-and-analysis-of-the-5S-program-at-a-business-service-provider.pdf.
- [59] Santos, R., Silva, F., Gouveia, R., Campilho, R., Pereira, M. & Ferreira, L. (2018). *The improvement of na APEX Machine involved in the Tire Manufacturing Process*. *Procedia Manufacturing*, 17, 571-578. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.098>.
- [60] Pombal, T., Ferreira, L., Sá, J., Pereira, M. & Silva, F. (2019). *Implementation of Lean Methodologies in the Management of Consumable Materials in the Maintenance Workshops of an Industrial Company*. *Procedia Manufacturing*. *Procedia Manufacturing*.
- [61] Freitas, A., Silva, F., Ferreira, L., Sá, J., Pereira, M. & Pereira, J. (2019). *Improving efficiency in a hybrid warehouse: a case study*. *Procedia Manufacturing*.
- [62] Rocha, T., Ferreira, L. & Silva, F. (2018). *Analysis and Improvement of Process in the Jewelry Industry*. *Procedia Manufacturing* 17, 640-646. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.10.110>
- [63] Oliveira, C., Granato, D., Caruso, M. e Sakuma, M. (2013). *Manual para elaboração de cartas de controle para monitoramento de processos de medição quantitativos em laboratórios de ensaio*. 1ª edição. Disponível em: http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/manual-carta-controle_ial_2013.pdf. Acedido em junho de 2019.
- [64] R. Basu. (2009). *Implementing Six Sigma and Lean: A Pratical Guide to Tools and Techniques*. Butterworth Heinemann, 1ª Edição. Londres. ISBN: 978-1856175203
- [65] Pereira, J. (2018). *Continuous Improvement and Development of KPI's In The Metallic Cables Industry*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica. Instituto Superior de Engenharia do Porto. 255 pp.
- [66] Rave, J., Muñoz-Giraldo, L., Carlos Correa-Morales, J. (2017). *Use of control charts with regression analysis for autocorrelated data in the context of logistic financial*

budgeting. Computers & Industrial Engineering, 112, 71-83. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2017.08.015>

[67] Pereira, P., Seghatchian, J., Caldeira, B., Xavier, S. & Sousa, G. (2010). *Sampling methods to the statistical control of the production of blood components: basic SPC principles and introduction to control charts for variables. Transfusion and Apheresis Science* 56, 914–919. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.transci.2018.02.022>

[68] Abbas, N. (2018). *Homogeneously weighted moving average control chart with an application in substrate manufacturing process. Computers & Industrial Engineering* 120, 460–470. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.05.009>.

[69] Fonseca, L. (2016). *Documentação de Apoio a GQASE- Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança e Modelos de Excelência Empresarial - Mestrados ISEP*. Instituto Superior da Engenharia do Porto.

[70] Manual do Utilizador *EGITRON SPC Pro: Software de Controlo Estatístico do Processo*.

[71] Ávila, P. & Cavaco, I. (2009). *Documentação de Apoio a PLANP (Planeamento e Análise de Processo): Processo Conceito e Fundamento*. Instituto Superior da Engenharia do Porto.

[72] Rafael, A. (2014). *Programação Linear e Algumas Extensões*. Tese de Mestrado em Matemática para Professores Departamento de Matemática. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto. 76 pp.

[73] Burgard, S. (2016). *Análise e Melhoria dos Processos Produtivos numa Unidade Industrial de Cortiça e Borracha*. Tese de Mestrado em Engenharia Mecânica - Faculdade de Engenharia do Porto. 63 pp.

[74] Oliveira, M. & Soares, B. (2000). *A influência do sistema de vulcanização nas propriedades da mistura NBR/EPDM*. Instituto de Macromoléculas - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbecimat/2000/Docs/TC408-010.pdf>. Acedido em março de 2019.

[75] Ziglar, Z., Dhanam, K., Flanagan, B., & Savage, J. (2004). *Top Performance: How to Develop Excellence in Yourself and Others*. Baker Publishing Group, Michigan. ISBN: 978-080-075-974-2.

[76] Solimar. *Fluidificador de silo com disco detectável de metal*. Disponível em: https://www.solimarpneumatics.com/PT/elert/1011_eblast.html. Acedido a fevereiro de 2019.

ANEXOS

- 6.1 ANEXO A – Notação Simbólica do Diagrama de processo
- 6.2 ANEXO B – Diagrama de processo - Linha de Aglomeração CR
 - 6.3 ANEXO C – Tabelas FMEA
- 6.4 ANEXO D – Análise ABC dos artigos produzidos em 2018 na linha CR1
 - 6.5 ANEXO E – FCO para controlo de aparas
 - 6.6 ANEXO F – Custos associados ao material em excesso
- 6.7 ANEXO G – Estudo experimental da pesagem dos produtos químicos no caso do 1521
 - 6.8 ANEXO H – *Layout* do Gabinete dos Produtos Químicos
 - 6.9 ANEXO I – OPL das boas práticas no Gabinete dos Químicos
- 6.10 ANEXO J – ITQ-0003/1- Instrução de trabalho para controlo do processo de vulcanização.
 - 6.11 ANEXO K – ITQ-0003/1: Conceitos teóricos.
- 6.12 ANEXO L – Tabela Ck – Custo de colocar o produto químico j do cacifo da posição k

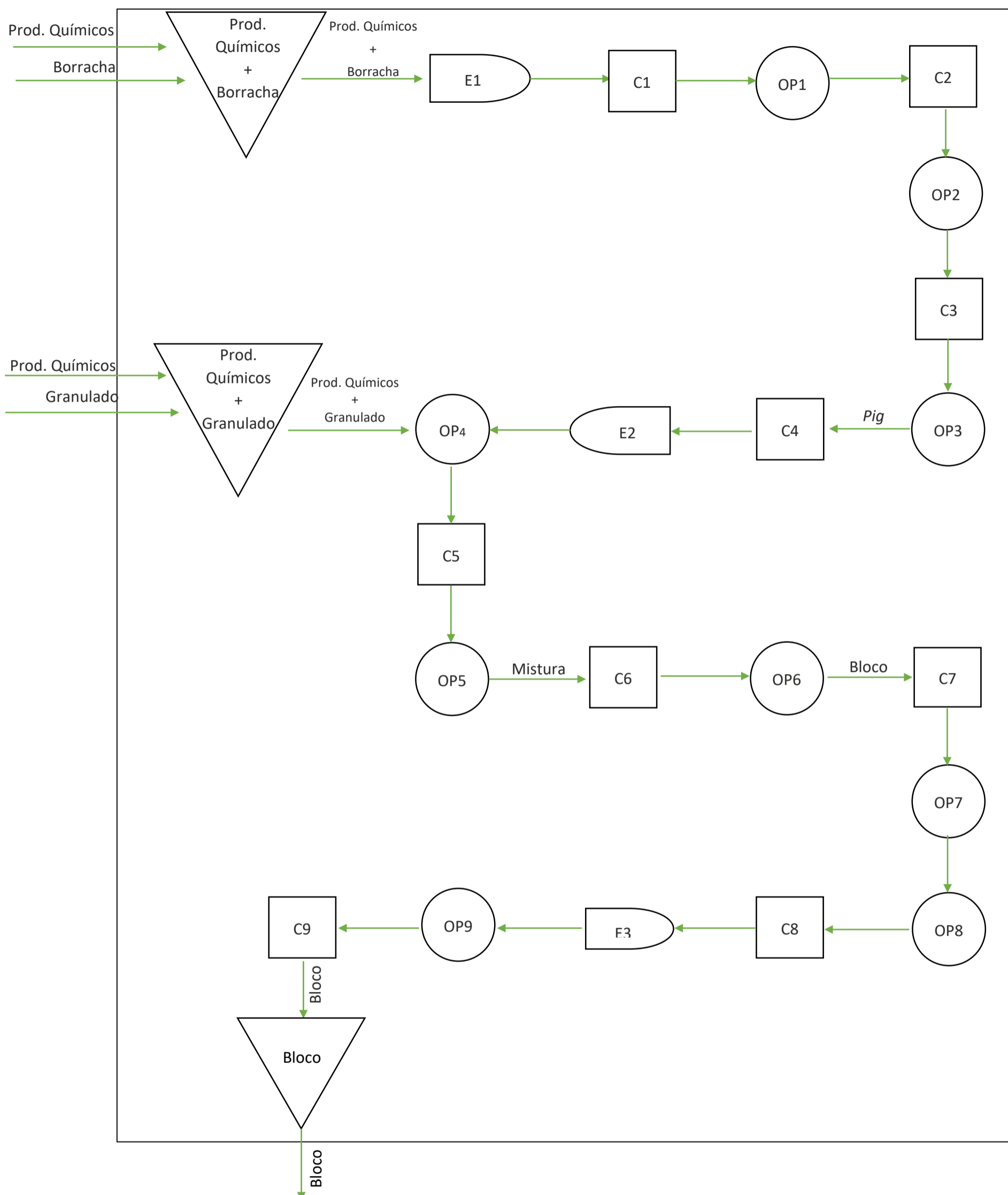
6 ANEXOS

6.1 ANEXO A – Notação Simbólica do Diagrama de processo

Tabela 25. Notação simbólica utilizada na execução de um diagrama de processo.

Actividade Básica	Actividade Específica	Símbolo	Significado
Operação de Transformação		○	Alteração da forma ou outras características do material, obtenção de produto semi-acabado ou produto em via de fabricação.
Transporte ou Manuseamento		⇒	Troca de lugar do material, produto acabado ou produto semi-acabado.
Inspeção ¹	Conferência de materiais	□	Contagem e conferência de materiais ou comparação de produtos de acordo com as suas especificações.
	Inspeção / controlo de qualidade	◇	Teste e inspeção visual de materiais componentes ou produtos por comparação com qualidades standard que permitem avaliar a existência de defeitos nos produtos fabricados.
Retenção	Armazenagem	▽	Acumulação agendada ou programada de materiais, componentes ou produtos.
	Atraso	D	Acumulação não esperada de materiais, componentes ou produtos.
Actividades Combinadas (exemplos)		⊙	Operação com controlo de Qualidade.
		▽	Armazenagem com transporte

6.2 ANEXO B – Diagrama de processo - Linha de Aglomeração CR



Identificação das operações: OP1: Pesagem da borracha e produtos químicos; OP2: Mistura dos produtos químicos c/borracha; OP3: Homogeneização da mistura e produção da mistura mãe (*pigs*); OP4: Pesar químicos e granulado para a mistura final; OP5: Mistura final; OP6: Pressar e cortar; OP7: Moldar bloco; OP8: Vulcanização; OP9: Desmoldar.

Controlos: C1: Inspeção do material cru; C2: Verificar pesagem; C3: Controlo de tempo e temperatura; C4: Verificar peso e aspeto visual; C5: Controlo de tempo e temperatura; C6: Controlar parâmetros da vulcanização; C7: Controlar peso e altura do bloco; C8: Controlo da temperatura e tempo; C9:

6.3 ANEXO C – Tabelas FMEA

Tabela 26. Critério para a classificação da severidade.

Efeito	Severidade do Efeito	Ranking
Perigoso sem aviso	Severidade muito alta quando o potencial modo de falha afeta o sistema de segurança da operação sem aviso.	10
Perigoso com aviso	Severidade muito alta quando o potencial modo de falha afeta o sistema de segurança da operação com aviso.	9
Muito Alto	Sistema não operacional com falha destrutiva sem comprometer a segurança. 100% do produto sucitado.	8
Alto	Sistema não operacional com equipamento danificado. Produto pode ser sucitado.	7
Moderado	Sistema não operacional com danos menores. Produto necessita de retrabalho.	6
Baixo	Sistema não operacional sem danos. Produto necessita de retrabalho.	5
Muito Baixo	Sistema operacional com perda de <i>performance</i> significativa. Produto pode necessitar de retrabalho.	4
Reduzido	Sistema operacional com perda de <i>performance</i> . Produto pode necessitar de retrabalho.	3
Muito Reduzido	Leve inconveniência para o processo, operação ou operador. Com interferência mínima.	2
Não há Perigo	Não há efeito.	1

Tabela 27. Critério para a classificação da probabilidade.

Probabilidade	Probabilidade de Falha	Ranking
Muito alta: Falhas são inevitáveis	>1 em 2	10
	1 em 3	9
Alta: Falhas Repetidas	1 em 8	8
	1 em 20	7
Moderada: Falhas Ocasionais	1 em 80	6
	1 em 400	5
	1 em 2 000	4
Baixa: Poucas Falhas	1 em 15 000	3
	1 em 150 000	2
Remota: Falhas são escassas	<1 em 1 500 000	1

Tabela 28. Critério para a classificação da deteção.

Deteção	Grau de dificuldade de Deteção	Ranking
Absolutamente Incerto	Não é possível detetar a potencial causa e subsequente modo de falha	10
Muito Remota	Remota possibilidade de detetar a potencial causa e subsequente modo de falha	9
Remota	Muito poucas hipóteses de detetar a potencial causa e subsequente modo de falha	8
Muito Baixa	Poucas hipóteses de detetar a potencial causa e subsequente modo de falha	7
Baixa	Baixas hipóteses de detetar a potencial causa e subsequente modo de falha	6
Moderada	Moderada hipótese de detetar a potencial causa e subsequente modo de falha	5
Moderada-Alta	Moderada-Alta hipótese de detetar a potencial causa e subsequente modo de falha	4
Alta	Altas hipóteses de detetar a potencial causa e subsequente modo de falha	3
Muito Alta	Muito alta hipótese de detetar a potencial causa e subsequente modo de falha	2
Quase Certo	Controlo vai detetar a potencial causa e subsequente modo de falha	1

6.4 ANEXO D – Análise ABC dos artigos produzidos em 2018 na linha CR1

Tabela 29. Análise ABC integral dos artigos produzidos em 2018 na CR1.

ANÁLISE ABC - ARTIGOS CR1				
Artigo	Quantidade total produzida 2018	Frequência	Frequência acumulada	Classe
1521	6417	18,2987	18,2987	A
2549	5621	16,0289	34,3276	A
NL76	3519	10,0348	44,3624	A
CDM01	2 130	6,0739	50,4363	A
S112	2050	5,8458	56,2821	A
VC95	1944	5,5435	61,8256	A
1049	1324	3,7755	65,6011	A
1237	1085	3,0940	68,6951	A
H70L	908	2,5893	71,2844	A
NC733	906	2,5836	73,8679	A
1028	848	2,4182	76,2861	A
1235	761	2,1701	78,4561	A
1523	634	1,8079	80,2641	B
WI02	528	1,5056	81,7697	B
N709	490	1,3973	83,1670	B
GT56	354	1,0095	84,1765	B
SP74	294	0,8384	85,0148	B
1047	290	0,8270	85,8418	B
CDM71	288	0,8213	86,6631	B
CR76	266	0,7585	87,4216	B
HC50	257	0,7329	88,1544	B
NC60	250	0,7129	88,8673	B
1515	249	0,7100	89,5774	B
3551	237	0,6758	90,2532	B
HC60	216	0,6159	90,8692	B
3550	212	0,6045	91,4737	B
RU04	202	0,5760	92,0497	B
GT46	201	0,5732	92,6229	B
SP52	197	0,5618	93,1847	B
N650	195	0,5561	93,7407	B
GT33	172	0,4905	94,2312	B
H90L	161	0,4591	94,6903	B

ANÁLISE ABC - ARTIGOS CR1				
Artigo	Quantidade total produzida 2018	Frequência	Frequência acumulada	Classe
HC80	160	0,4563	95,1466	C
6400	159	0,4534	95,6000	C
1310	159	0,4534	96,0534	C
CDM62	152	0,4334	96,4868	C
N822	109	0,3108	96,7977	C
3555	108	0,3080	97,1056	C
1177	103	0,2937	97,3993	C
3552	82	0,2338	97,6332	C
S602	81	0,2310	97,8641	C
FP90B	74	0,2110	98,0752	C
SG602	66	0,1882	98,2634	C
DC113	55	0,1568	98,4202	C
V48	55	0,1568	98,5771	C
NC80	54	0,1540	98,7310	C
DC100	52	0,1483	98,8793	C
1150	46	0,1312	99,0105	C
4002	45	0,1283	99,1388	C
1236	44	0,1255	99,2643	C
3553	35	0,0998	99,3641	C
S700	35	0,0998	99,4639	C
D205	33	0,0941	99,5580	C
NL53	29	0,0827	99,6407	C
3554	28	0,0798	99,7205	C
1239	25	0,0713	99,7918	C
FP80	24	0,0684	99,8603	C
4006	22	0,0627	99,9230	C
1505	20	0,0570	99,9800	C
NL60	7	0,0200	100,0000	C
Total	35068			

6.5 ANEXO E – FCO para controlo de aparas

FCO-0006/1

Medidas das Facas no Misturador Intermédio e na Guilhotina

1 - OBJECTIVO

Definição de medidas das Facas no Misturador Intermédio e na Guilhotina

2 - RESPONSABILIDADES

Chefias e operadores da linha CRM

3 - DEFINIÇÕES

NA

4 - MODO OPERATÓRIO

Dimensão	Misturador Intermédio	Guilhotina
915x915	1100	1100
1000x1000	1200	1200
1270x660	860	1400
1270x760	960	1400
1270x1040	1200	1400

Estas medidas são para serem utilizadas nas seguintes referências:

1521
1235
1237
2549

5 DOCUMENTOS ASSOCIADOS

NA

6.6 ANEXO F – Custos associados ao material em excesso em 2018

Tabela 30. Estudo realizado no âmbito do material em excesso.

Artigos Classe A	Molde (mm)	Peso nominal (kg)	Blocos Produzidos	Perda de rastreabilidade (blocos)	Blocos dif. Nominal	%	Desvio do peso face ao valor nominal (kg)	Blocos que se podiam produzir	Preço artigo	Perda	Total Artigo
1521	1000x1000x152	112,19	2034	60	914	44,94%	5704,61	50,85	157,36 €	8001,10	26 133,94 €
	1270x1040x152	147,54	195	0	122	62,56%	856,71	5,81	209,47 €	1216,37	
	1270x660x152	94,53	1742	0	1132	64,98%	5799,00	61,35	137,59 €	8440,34	
	1270x760x152	109,02	1517	50	735	48,45%	4471,18	41,01	153,30 €	6287,18	
2549	915x915x152	94,53	569	0	300	52,72%	1529,40	16,18	135,30 €	2188,96	35 709,12 €
	1000x1000x152	112,19	35	0	24	68,57%	91,74	0,82	214,91 €	175,74	
	1270x760x152	109,02	1060	4	535	50,47%	2760,56	25,32	212,31 €	5376,11	
NL76	915x915x152	94,53	4513	0	2930	64,92%	15214,73	160,95	187,37 €	30157,27	869,57 €
CDM01	915x915x152	26,02	1799	0	159	8,84%	278,84	10,72	81,14 €	869,57	869,57 €
S112	915x915x152	20,07	1065	1	290	27,23%	532,53	26,54	64,41 €	1709,42	1 709,42 €
	1000x1000x152	134,80	167	5	57	35,19%	428,66	3,18	338,70 €	1077,10	9 690,71 €
	1270x1040x152	177,26	640	0	314	49,06%	2975,36	16,79	444,29 €	7457,64	
	1270x660x152	113,57	10	0	4	40,00%	29,91	0,26	275,68 €	72,60	
1270x760x152	130,98	85	0	23	27,06%	145,81	1,11	321,21 €	357,58		
VC95	915x915x152	113,57	109	0	42	38,53%	288,93	2,54	285,30 €	725,80	663,24 €
	915x915x152	55,13	965	0	94	9,74%	285,55	5,18	128,04 €	663,24	
1049	915x915x152	120,56	7	0	1	14,29%	5,74	0,05	268,65 €	12,79	4 550,98 €
	1000x1000x152	143,09	478	0	121	25,31%	1104,29	7,72	316,26 €	2440,76	
	1270x1040x152	188,16	322	0	98	30,43%	927,36	4,93	414,55 €	2043,11	
	1270x760x152	139,04	20	0	4	20,00%	25,24	0,18	299,19 €	54,31	
1237	915x915x152	93,85	285	0	133	46,67%	568,92	6,06	148,62 €	900,95	3 142,42 €
	1000x1000x152	111,38	559	0	222	39,71%	876,52	7,87	168,20 €	1323,68	
	1270x1040x152	146,47	84	0	44	52,38%	158,07	1,08	229,73 €	247,92	
	1270x660x152	93,85	66	0	62	93,94%	359,51	3,83	147,13 €	563,65	
	1270x760x152	108,23	30	0	19	63,33%	69,53	0,64	165,34 €	106,22	
H70L	915x915x152	108,23	850	0	370	43,53%	1563,13	14,44	250,00 €	3610,67	3 610,67 €
NC733	915x915x152	145,22	876	0	277	31,62%	1309,38	9,02	243,46 €	2195,12	2 195,12 €
1028	915x915x152	104,12	66	0	46	69,70%	199,58	1,92	252,05 €	483,14	6 974,00 €
	1000x1000x152	123,58	708	0	370	52,26%	2722,00	22,03	289,83 €	6384,00	
	1270x1040x152	162,50	5	0	2	40,00%	20,49	0,13	359,78 €	45,37	
	1270x760x152	120,08	15	0	7	46,67%	27,24	0,23	271,04 €	61,49	
1235	915x915x152	76,72	32	0	32	100,00%	320,74	4,18	153,46 €	641,55	6 499,45 €
	1000x1000x152	91,06	253	0	149	58,89%	1172,16	12,87	179,80 €	2314,56	
	1270x1040x152	119,74	151	0	107	70,86%	777,31	6,49	228,91 €	1485,98	
	1270x660x152	76,72	5	0	5	100,00%	23,40	0,31	145,62 €	44,41	
	1270x760x152	88,48	267	0	150	56,18%	998,60	11,29	178,35 €	2012,94	
Custo total com os Artigos Classe A em 2018										101 748,65 €	

6.7 ANEXO G – Estudo experimental da pesagem dos produtos químicos no caso do artigo 1521

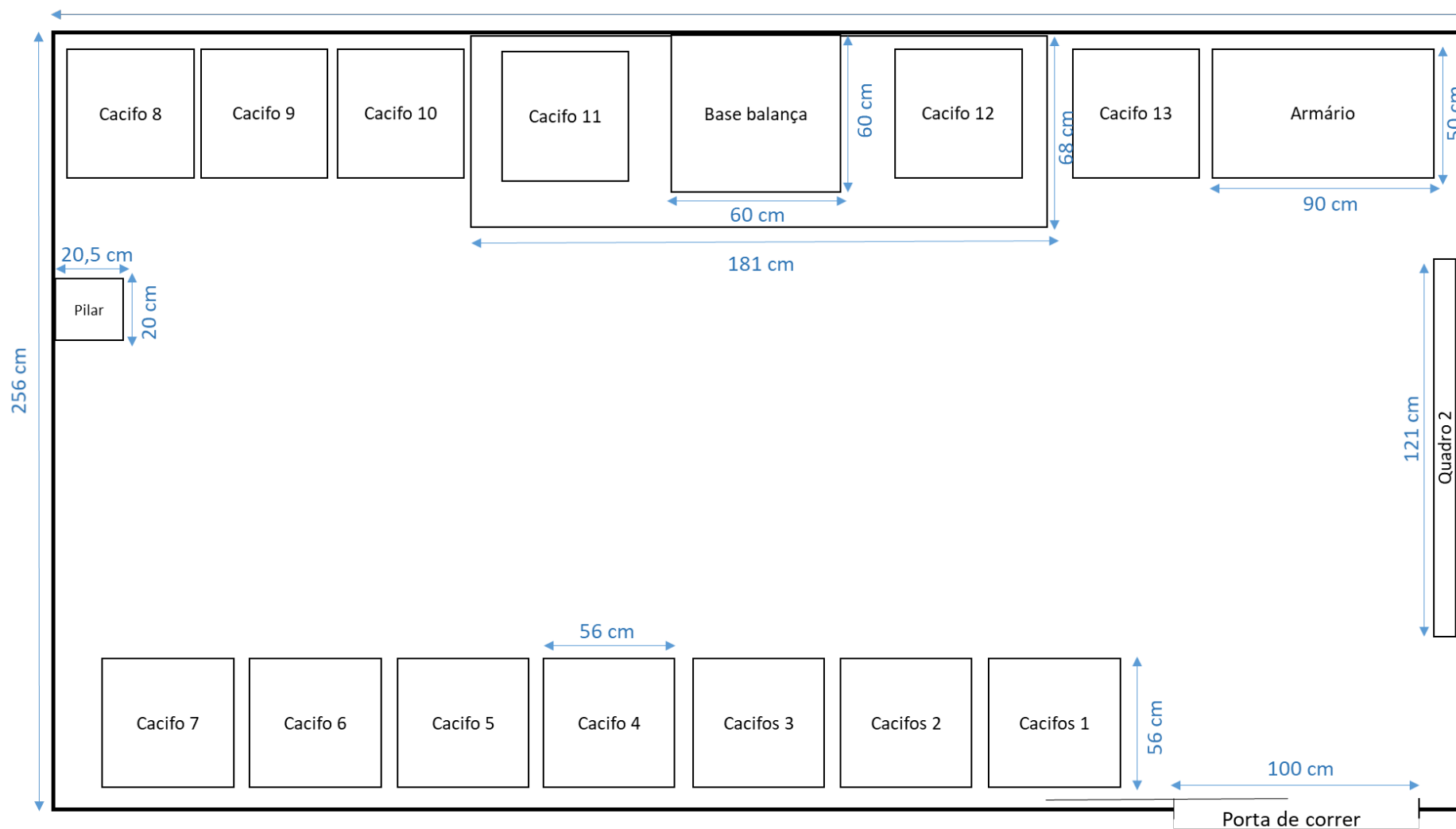
Tabela 31. Desvios das pesagens dos produtos químicos (artigo 1521).

Código	Matéria Prima	Artigo	Data	Tol. Mín.(kg)	Valor Nominal (kg)	Tol. Máx.(kg)	Celha 1 (kg)	Celha 2 (kg)	Celha 3 (kg)	Celha 4 (kg)	Celha 5 (kg)	Média (kg)	Desvio (kg)
2APQA001	Enxofre	1521	15/abr	1,19	1,21	1,23	1,300	1,240	1,260	1,300	1,210	1,274	0,064
			22/out				1,270	1,325	1,316	1,260	1,260		
2APQ1007	Acel TMTD	1521	22/nov	0,19	0,21	0,23	0,229	0,251	0,258	0,207	0,227	0,234	0,024
			15/abr				0,225	0,272	0,230	0,230	0,210		
2APQ7002	Negro FEF N550	1521	15/abr	0,21	0,23	0,25	0,270	0,261	0,350	0,290	0,370	0,291	0,061
			22/nov				0,272	0,275	0,273	0,293	0,257		

Tabela 32. Custos associados aos desvios de produto químico (artigo 1521).

Prod. Químico	Ref. Artigo	Produtos Químicos CLASSE A											Custo Prod. Químico(€)	Qnd. Teórica usada em 2018 (kg)	Qnd. Real (kg)	Diferença Qnt (%)	Custo teórico (€)	Custo real (€)	Custo acrescido (€)	Custo acrescido (%)	
		1521	2549	NL76	CDM01	S112	VC95	1049	1237	H70L	NC733	1028									1235
Enxofre (kg)		1,21	1,04	0,78	0,72	0,27	1,43	1,12	1,18	0,97	0,82	1,5	1,21	0,332 €	83405,76	88752,07	6,41%	27 690,71 €	29 465,69 €	1 774,97 €	6,41%
Acel. TMTD (kg)		0,21	0,09	0	0	0	0	0	0,16	0	0	0,13	0,1	3,300 €	6640,20	6798,83	2,39%	21 912,66 €	22 436,15 €	523,49 €	2,39%
Negro FEF N550 (kg)		0,23	0	0	0	0	0	0	0,22	0	0	0	0	1,130 €	5143,83	5458,12	6,11%	5 812,53 €	6 167,67 €	355,15 €	6,11%
Qnt. Artigos Classe A produzidos 2018		6417	5621	3519	2 130	2050	1944	1324	1085	908	906	848	761	TOTAL			55 415,90 €	58 069,51 €	2 653,61 €	4,79%	

6.8 ANEXO H – Layout do Gabinete dos Produtos Químicos



6.9 ANEXO I – OPL das boas práticas no Gabinete dos Químicos

Área-3001/00

ONE POINT LESSON (OPL)

Tema:	Boas Práticas – Gabinete dos Químicos		
Responsabilidade:	Produção	Data:	27 / 03 / 2019

DESCRIÇÃO DA TAREFA
Manter o espaço limpo.
Manter a porta sempre fechada.
Manter os cacifos dos produtos químicos fechados.
Utilizar o equipamento de proteção individual (EPI).
Não abrir mais do que um saco do mesmo produto químico.
Não deixar celhas nem outros objetos em cima da balança.
Usar uma pá individual para cada produto químico e colocá-la no devido lugar.
Evitar mover a balança. Caso haja necessidade de o fazer, alertar o supervisor para solicitar nova calibração.
Fazer as pesagens sob a proteção da <i>hotte</i> .
Deixar os contentores de produto químico na posição correta (identificação sempre visível).
Manter o quadro dos lotes atualizado.



6.10 ANEXO J – ITQ-0003/1- Instrução de trabalho para controlo do processo de vulcanização

Controlo do processo de Vulcanização

Reómetro MDR 300 Basic

ITQ-0003/1

1. OBJETIVO

A presente Instrução de Trabalho pretende descrever o procedimento para se efetuar o controlo da vulcanização através do equipamento Reómetro MDR 300 Basic.


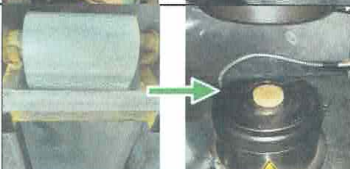



2. RESPONSABILIDADES

Operadores e Chefias.

3. DEFINIÇÕES

Não aplicável.

4. MODO OPERATÓRIO

1	Retirar massa da mistura final (já homogeneizada) do misturador MAB 02, bloco sim bloco não.	
2	Colocar a massa no equipamento Göttfert, de forma a obter uma amostra apropriada para análise.	
3	Colocar a amostra entre 2 folhas da película retrátil, de forma a não haver contacto entre a amostra e a superfície da prensa do reómetro MonTech. A amostra deve ser colocada centrada na superfície inferior da prensa do reómetro.	
5	Carregar no botão de prensagem do reómetro <i>MonTech</i> .	
6	Verificar se a curva de vulcanização obtida no PC através do <i>software MonTech</i> está dentro dos parâmetros.	
7	Gravar o registo da curva de vulcanização.	
8	Colocar a amostra no recipiente específico.	
9	<ul style="list-style-type: none"> - No caso do material da amostra entrar em contacto com a superfície da prensa do reómetro, a limpeza deve ser feita imediatamente; - Após a análise, a amostra deve ser colocada no recipiente dos resíduos; - No fim de cada turno os equipamentos devem ficar preparados a ser utilizados pelo turno seguinte. 	

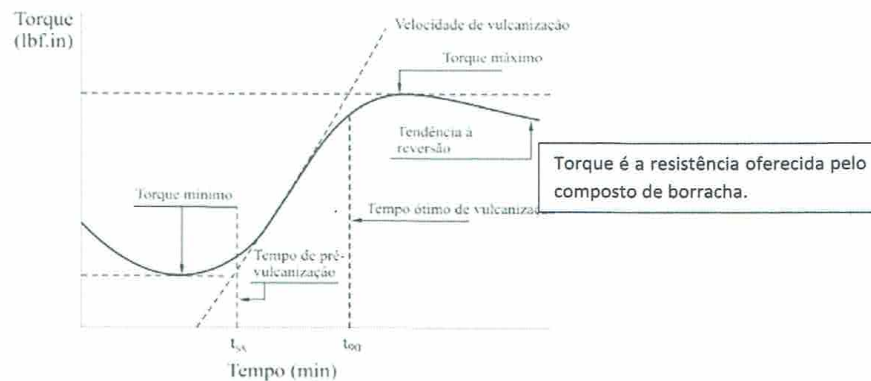
6.11 ANEXO K – ITQ-0003/1: Conceitos teóricos

Controlo do processo de Vulcanização

Reómetro MDR 300 Basic

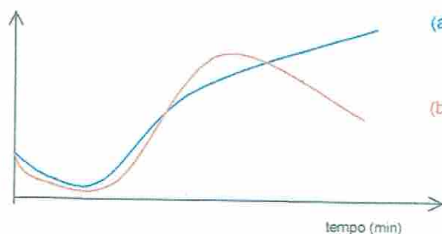
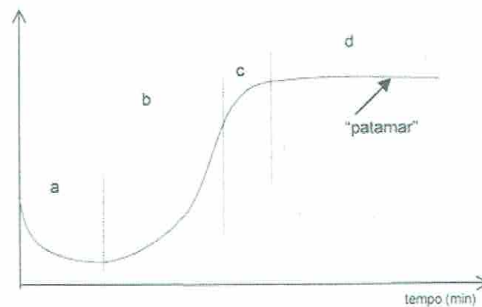
ITQ-0003/1

A vulcanização é o processo que confere à borracha uma mudança de estrutura química, que a torna elástica e com melhores propriedades. A evolução desse processo é analisada através da curva reométrica, obtida com o reómetro.



Esta curva pode ser dividida em 4 fases:

- Pré-vulcanização:** neste período a borracha reduz a sua viscosidade devido à rutura de ligações químicas;
- Fase da subcura:** desenvolve-se o processo de reticulação (criando pontes de ligação entre a borracha), tornando a estrutura mais rígida;
- Estágio da cura ótima:** atinge-se o grau ótimo de reticulação;
- Fase de sobrecura:** aquecimento excessivo das borrachas para além do tempo de cura ótimo.



- Para a maioria das borrachas sintéticas, pode observar-se um patamar ou um aumento ligeiro e progressivo do torque com o tempo (**curva "a"**).
- Com a borracha natural, observa-se que ocorre um decréscimo do torque (**curva "b"**). Como há redução do número de reticulações, dá-se o nome de reversão.

6.12 ANEXO L – Tabela C_k – Custo de colocar o produto químico j no cacifo da posição k .Tabela 33. Matriz C_{jk} completa.

	Prod. Químico j	Posição k																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Acel. DPG	13,86	27,72	41,58	55,44	69,29	83,15	97,01	110,87	124,73	138,59	152,45	166,31	180,16	180,16	194,02	207,88	221,74
2	Acel. MBTS	13,86	27,72	41,58	55,44	69,29	83,15	97,01	110,87	124,73	138,59	152,45	166,31	180,16	180,16	194,02	207,88	221,74
3	Acel. CBS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	Acel. TMTM	43,38	86,76	130,14	173,52	216,90	260,28	303,66	347,04	390,42	433,80	477,18	520,56	563,94	563,94	607,32	650,70	694,08
5	Acel. TMTD	114,73	229,47	344,20	458,94	573,67	688,41	803,14	917,87	1032,61	1147,34	1262,08	1376,81	1491,54	1491,54	1606,28	1721,01	1835,75
6	Peróxido D.I.P.P	1,44	2,88	4,32	5,76	7,20	8,64	10,08	11,52	12,96	14,40	15,84	17,28	18,72	18,72	20,16	21,60	23,04
7	Óxido de Zinco	44,94	89,88	134,82	179,77	224,71	269,65	314,59	359,53	404,47	449,41	494,35	539,30	584,24	584,24	629,18	674,12	719,06
8	Ácido Esteárico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	Estearato Sódio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Óxido Ferro Vermelho	6,59	13,17	19,76	26,35	32,94	39,52	46,11	52,70	59,28	65,87	72,46	79,05	85,63	85,63	92,22	98,81	105,40
11	Oppasin Yellow	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Vulcadur A / RESINA DUREZ 12687	24,08	48,16	72,25	96,33	120,41	144,49	168,57	192,65	216,74	240,82	264,90	288,98	313,06	313,06	337,14	361,23	385,31
13	Resinas Claras	70,76	141,53	212,29	283,05	353,81	424,58	495,34	566,10	636,86	707,63	778,39	849,15	919,91	919,91	990,68	1061,44	1132,20
14	Negro FEF N550	57,00	114,01	171,01	228,01	285,02	342,02	399,02	456,03	513,03	570,04	627,04	684,04	741,05	741,05	798,05	855,05	912,06
15	Enxofre	235,29	470,57	705,86	941,14	1176,43	1411,71	1647,00	1882,29	2117,57	2352,86	2588,14	2823,43	3058,71	3058,71	3294,00	3529,29	3764,57
16	Óxido de Magnésio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	ADC Activada	46,97	93,95	140,92	187,89	234,87	281,84	328,81	375,78	422,76	469,73	516,70	563,68	610,65	610,65	657,62	704,60	751,57