

**MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2020/2021**

**VALORIZAÇÃO E PROPOSTAS DE MELHORIA NA  
GESTÃO DE RESÍDUOS GERADOS NA PRODUÇÃO DE  
UM COLCHÃO**

MARGARIDA BRÁS MAIA

**Dissertação submetida para obtenção do grau de  
MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**Presidente do Júri:** Cidália Maria de Sousa Botelho  
(Professor Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de  
Engenharia da Universidade do Porto)

---

**Orientador académico:** Sílvia Cardinal Pinho  
(Professor Auxiliar Convidado do Departamento de Engenharia Metalúrgica e  
de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

**Orientador na empresa (ou co-orientador):** Eng.º João Bastos  
(Responsável do Departamento de Ambiente e Segurança da Molaflex  
Colchões, S.A.)

Outubro, 2021

***“You must expect great things of yourself before you can do them”***

*by Michael Jordan*

## Agradecimentos

Todo o meu percurso académico e a realização da presente dissertação, para a obtenção do grau de mestre, não seria possível sem o apoio constante recebido por parte de vários elementos cruciais a que deixo alguns agradecimentos particulares que não podem deixar de ser registados.

À professora e orientadora Sílvia Pinho, por toda a sua atenção, ajuda, conhecimento partilhado e disponibilidade.

À professora Aurora pela disponibilidade em fornecer o moinho para os ensaios experimentais.

Ao Sr. Ramiro pela simpatia e por estar sempre disponível para me ajudar em qualquer problema que ocorresse com os moinhos na oficina.

Ao Eng.º João Bastos, da empresa Molaflex Colchões, S.A., pela oportunidade dada, pela maneira como me recebeu na Molaflex e por toda a sua disponibilidade e ajuda a todos os níveis.

A todos os funcionários da Molaflex Colchões, S.A., pela simpatia e colaboração na realização da dissertação.

À minha família, por todo o apoio, incentivo, confiança e disponibilidade em ajudar em tudo o que fosse preciso.

Ao Miguel, o meu namorado, por toda a paciência, confiança nas minhas capacidades e incentivo a ser cada vez melhor.

Aos meus amigos mais chegados por me acompanharem neste percurso e acreditarem em mim. Um especial agradecimento à minha amiga Isa Saraiva pela disponibilidade constante em me ajudar no que fosse necessário e pela confiança que me transmite.

A todos os meus colegas de curso que me acompanharam durante todo o percurso na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

### Agradecimentos:

O Prof. Sílvia Pinho, orientador desta dissertação, é membro integrado do LEPABE – Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente Biotecnologia e Energia, financiado por: Financiamento Base - UIDB/00511/2020 da Unidade de Investigação - Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia – LEPABE - financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

## Resumo

A gestão de resíduos, com maior enfoque na gestão de resíduos têxteis, e a sua posterior valorização, é uma problemática bastante atual e complexa, no que diz respeito às variadíssimas operações destes resíduos, desde a produção da fibra ao produto final, passando pela diversidade dos materiais utilizados.

Esta dissertação foi realizada no âmbito da gestão e valorização dos resíduos têxteis gerados na empresa Molaflex Colchões, S.A., e teve como objetivo a apresentação de propostas de melhoria, no sentido de otimizar a gestão de resíduos gerados no processo produtivo e a valorização dos resíduos têxteis gerados na produção de um colchão.

No que respeita às propostas de melhoria foram implementadas as seguintes medidas: colocação de novas etiquetas nos contentores com a identificação dos resíduos e o respetivo código LER e em alguns casos procedeu-se à alteração da cor da etiqueta; e a disposição de novos contentores de recolha de resíduos.

A valorização dos resíduos têxteis foi realizada em dois tipos de materiais: espumas e um tampo de um colchão. Os resíduos foram triturados num moinho de corte e num moinho de espigas com o intuito de avaliar a granulometria e as características ideais para reduzir a quantidade de fibra de algodão, utilizada nos enchimentos de tampos, e, por sua vez, verificar a viabilidade de um aumento da incorporação dos resíduos têxteis nesses mesmos tampos.

Nos ensaios realizados num moinho de corte, referentes a granulometria ideal, a libertação de pequenas partículas de pó, derivadas do processo de trituração, apresentou ser um grande entrave para a incorporação destes resíduos num tampo de um colchão. Assim, apesar dos resultados não serem completamente satisfatórios, verificou-se que quanto maior a granulometria dos resíduos triturados menor era a quantidade de pó libertada.

As amostras de resíduos têxteis trituradas que apresentaram melhores resultados para a sua incorporação em tampos foram as obtidas no moinho de espigas com a granulometria de 8 mm, estas não apresentaram libertação de pó em quantidade significativa. Sendo que as percentagens, de incorporação dos resíduos têxteis, de 20%, 25% e 30% foram as que apresentaram melhor desempenho, com características muito semelhantes às dos tampos já fabricados pela Molaflex.

Um aumento de 5 – 10 % na percentagem de incorporação dos resíduos têxteis em tampos e conseqüentemente uma diminuição do consumo de fibra de algodão,

originaria benefícios económicos para a empresa tais como a redução de custos da matéria-prima e custos logísticos bem como benefícios ambientais desviando estes resíduos da deposição em aterro.

**Palavras-Chave:** Gestão de Resíduos, Propostas de Melhoria, Resíduos Têxteis, Valorização

## Abstract

Waste management, with a greater focus on textile waste management, and its subsequent recovery, is a very common and complex problem in terms of the many different operations of this waste, from fibre production to the final product, including the diversity of the materials used.

This dissertation was carried out in the context of the management and recovery of textile waste generated in the company Molaflex Colchões, S.A., and its objective was to present improvement proposals in order to optimize the management of waste generated in the production process and the recovery of textile waste generated in the production of a mattress.

Regarding the proposals for improvement, the following measures were implemented: placement of new labels on the containers with the identification of the waste and the respective LER code and in some cases the colour of the label was changed; and the provision of new waste collection containers.

The recovery of textile waste was carried out on two types of materials: foams and a mattress top. The waste was ground in a cutting mill and a cob mill in order to evaluate the granulometry and the ideal characteristics to reduce the amount of cotton fibre, used in the padding of the tops, and, in turn, to verify the feasibility of an increase in the incorporation of textile waste in these same tops.

In the tests performed in a cutting mill, concerning the ideal grain size, the release of small dust particles, derived from the grinding process, proved to be a major obstacle to the incorporation of this waste in a mattress topping. Thus, although the results were not completely satisfactory, it was found that the greater the granulometry of the shredded waste, the smaller was the amount of dust released.

The samples of shredded textile waste that presented the best results for their incorporation in tops were those obtained from the cob mill with a particle size of 8 mm, which did not release a significant amount of dust. The percentages of incorporation of textile waste, 20%, 25% and 30% were those that presented the best performance, with characteristics very similar to those of the worktops already manufactured by Molaflex.

An increase of 5 - 10% in the percentage of incorporation of textile waste in worktops and consequently a decrease in the consumption of cotton fibre, would bring economic benefits to the company, such as the reduction of raw material costs and logistics costs as well as environmental benefits by diverting this waste from landfill.

**Keywords:** Waste Management, Proposal for Improvement, Textile Waste, Valorisation



# Índice

<b>Agradecimentos .....</b>	<b>III</b>
<b>Resumo .....</b>	<b>V</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>VII</b>
<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>XIII</b>
<b>Lista de Tabelas .....</b>	<b>XVI</b>
<b>Lista de Anexos.....</b>	<b>XVII</b>
<b>Lista de Abreviaturas.....</b>	<b>XVIII</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Enquadramento .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Objetivos .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Estrutura da tese.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Da gestão à valorização dos resíduos .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. Gestão de resíduos.....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Resíduos Industriais .....	5
2.1.2. Legislação aplicável .....	8
<b>2.2. Produção de resíduos .....</b>	<b>9</b>
2.2.1. Quantidade de resíduos produzidos em Portugal .....	9
2.2.2. Quantidade de resíduos produzidos na União Europeia (UE) .....	9
<b>2.3. Tecnologias de tratamentos e valorização de resíduos.....</b>	<b>10</b>
2.3.1. Reciclagem .....	11
2.3.2. Tratamento mecânico e biológico.....	12
2.3.3. Compostagem (Reciclagem orgânica aeróbia) .....	12
2.3.4. Digestão Anaeróbia – Reciclagem Orgânica Anaeróbia .....	15
2.3.5. Incineração .....	16
2.3.6. Aterro .....	17
<b>2.4. Indústria têxtil - Valorização de resíduos têxteis.....</b>	<b>18</b>
<b>3. Caso de estudo .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1. Molaflex Colchões, S.A. – História, missão e valores .....</b>	<b>21</b>
<b>3.2. Processo produtivo .....</b>	<b>22</b>

3.2.1.	Sector / Processo Armazém de Matérias-primas .....	23
3.2.2.	Sector /Processo Carcaças .....	24
3.2.3.	Sector /Processo Acolchoados.....	26
3.2.4.	Sector /Processo Faixas.....	28
3.2.5.	Sector /Processo Montagem .....	30
3.2.6.	Setor/ Processo Inspeção .....	31
3.2.7.	Sector / Processo Embalagem .....	31
3.2.8.	Sector / Processo Armazém de Produto Terminado e Mercadorias.....	32
<b>3.3.</b>	<b>Avaliação do sistema de gestão ambiental.....</b>	<b>33</b>
3.3.1.	Tipologias de resíduos produzidos por secção .....	33
3.3.2.	Recolha e transporte interno de resíduos .....	35
3.3.3.	Quantidade de resíduos produzidos .....	37
<b>3.4.</b>	<b>Valorização dos resíduos têxteis pela Molaflex.....</b>	<b>39</b>
<b>4.</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>41</b>
<b>4.1.</b>	<b>Propostas de melhoria na gestão de resíduos .....</b>	<b>41</b>
4.1.1.	Triagem – Etiquetas .....	41
4.1.2.	Triagem – colocação de contentores .....	42
<b>4.2.</b>	<b>Separação granulométrica .....</b>	<b>42</b>
<b>4.3.</b>	<b>Ensaio de otimização do processo de moagem dos resíduos têxteis.....</b>	<b>42</b>
<b>4.4.</b>	<b>Ensaio de incorporação dos resíduos têxteis moídos em tampos.....</b>	<b>43</b>
4.4.1.	Otimização da granulometria.....	44
4.4.2.	Otimização da percentagem de incorporação de resíduos.....	46
<b>5.</b>	<b>Resultados e Discussão .....</b>	<b>47</b>
<b>5.1.</b>	<b>Propostas de melhoria .....</b>	<b>47</b>
5.1.1.	Triagem – Etiquetas .....	47
5.1.2.	Triagem – colocação de contentores .....	48
<b>5.2.</b>	<b>Separação Granulométrica .....</b>	<b>49</b>
<b>5.3.</b>	<b>Ensaio de incorporação dos resíduos têxteis moídos em tampos.....</b>	<b>50</b>
5.3.1.	Otimização da granulometria.....	51
5.3.2.	Otimização da percentagem de incorporação de resíduos.....	55
<b>6.</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>58</b>

<b>Referências Bibliográficas .....</b>	<b>60</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo A – Localização dos contentores de recolha de resíduos .....</b>	<b>63</b>
<b>Anexo B – Circuitos internos de recolha de resíduos .....</b>	<b>64</b>
<b>Anexo C – Novas etiquetas colocadas nos contentores .....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo D – Dureza Shore dos ensaios de incorporação dos resíduos triturados .....</b>	<b>66</b>

## Lista de Figuras

Figura 1 - Pirâmide da hierarquia de resíduos .....	4
Figura 2 – Índice de produção industrial [7] .....	7
Figura 3 – Resíduos produzidos em Portugal em 2019, nas atividades económicas e domésticas [7].....	9
Figura 4 - Resíduos produzidos na União Europeia em 2018, nas atividades económicas e domésticas, adaptado [21].....	10
Figura 5 – Tratamento de resíduos entre 2004 e 2018 [21].....	11
Figura 6 – Caracterização física dos resíduos produzidos, em 2019 [22].....	18
Figura 7 - Fluxograma do processo produtivo de um colchão na Molaflex Colchões, S.A. ....	23
Figura 8 – Armazém de matérias-primas .....	24
Figura 9 - Receção do arame em aço (imagem A) e a sua trefilação (imagem B e C)	25
Figura 10 - União das molas com as espirais.....	25
Figura 11 - Tratamento térmico (imagem A) e agrafagem do aro (imagem B) .....	26
Figura 12 - União de componentes (espumas técnicas e tecidos) .....	27
Figura 13 - Bordados contínuos.....	27
Figura 14 - Bordados tampo a tampo.....	28
Figura 15 - Processo de acolchoar do corpo da faixa .....	29
Figura 16 - Armazenamento em forma de rolo (Imagem A) e aplicação de especificidades (Imagem B).....	29
Figura 17 - Fecho do colchão com fitas de diversas cores (Imagem A) e Agrafagem final (Imagem B e C) .....	30
Figura 18 – Setor de inspeção .....	31
Figura 19 – Processo de embalagem .....	32
Figura 20 - Colocação por rota de envio (Imagem A) e disposto em stock (Imagem B) .....	33
Figura 21 - Resíduos gerados por cada secção.....	34
Figura 22 - Meio de transporte interno de resíduos (Empilhador).....	36

Figura 23 – Ecocentro.....	36
Figura 24 – Contentor para colocar a sucata .....	37
Figura 25 - Quantidade de resíduos por colchão produzido, de 2013 a 2020 .....	38
Figura 26 - Quantidade total de resíduos gerados na Molaflex entre 2013 a 2020.....	39
Figura 27 - (A) - Máquina Trituradora; (B) – Triturado; (C) - Máquina de produção de enchimento de acolchoados; (D) – Vários acolchoados.....	40
Figura 28 - Contentores de resíduos têxteis, plástico e cartão (esquerda para a direita) sem identificação .....	41
Figura 29 - Processado que resulta da trituração com algodão (enchimento utilizado para os acolchoados).....	42
Figura 30 - Os diferentes moinhos utilizados .....	43
Figura 31 - Bolsas TNT com os 8 ensaios .....	45
Figura 32 - Durómetro.....	45
Figura 33 - Aplicação das novas etiquetas nos contentores.....	47
Figura 34 - Novos contentores colocados .....	48
Figura 35 - Percentagem de resíduos presentes nas diferentes granulometrias .....	49
Figura 36 - Resíduo têxtil retido em cada crivo .....	50
Figura 37 - (A) – Tampo triturado; (B) – Espumas trituradas.....	50
Figura 38 - Ensaio X1: (A) - triturado com fibra de algodão; (B) - triturado colocado como enchimento.....	51
Figura 39 - Ensaio X2: (A) - triturado com fibra de algodão; (B) - triturado colocado como enchimento.....	51
Figura 40 - Ensaio X4: (A) - triturado com fibra de algodão; (B) - triturado colocado como enchimento.....	52
Figura 41 - Ensaio X3: (A) - triturado com fibra de algodão; (B) - triturado colocado como enchimento.....	52
Figura 42 - Ensaio X5: (A) - triturado com fibra de algodão; (B) - triturado colocado como enchimento.....	52
Figura 43 - Ensaio X6: (A) - triturado com fibra de algodão; (B) - triturado colocado como enchimento.....	53

Figura 44 - Ensaio X7: (A) - triturado com fibra de algodão; (B) - triturado colocado como enchimento.....	53
Figura 45 - Ensaio X8: (A) - triturado com fibra de algodão; (B) - triturado colocado como enchimento.....	53
Figura 46 - Triturado com crivo de 8 mm no "moinho de espigas" .....	56
Figura 47 – Triturado colocado com diferentes percentagens, no enchimento.....	56

## Lista de Tabelas

Tabela 1 – Comparação de processos de compostagem (adaptado de Tchobanogolous e outros. 1993) [13].....	14
---	----

## Lista de Anexos

Anexo A – Localização dos contentores de recolha de resíduos .....	63
Anexo B – Circuitos internos de recolha de resíduos .....	64
Anexo C – Novas etiquetas colocadas nos contentores.....	65
Anexo D – Dureza Shore dos ensaios de incorporação dos resíduos triturados .....	66

## Lista de Abreviaturas

**APA** – Agência Portuguesa do Ambiente

**BFA** – Bertrand Faure Automobile

**CAE** – Classificação Portuguesa de Atividades

**CIRVER** – Centros Integrados de Recuperação, Valorização e Eliminação de Resíduos

**DL** – Decreto-Lei

**L** – Litros

**LER** – Lista Europeia de Resíduos

**PERSU** – Plano Estratégico de Resíduos Sólidos Urbanos

**PESGRI** – Plano Estratégico da Gestão dos Resíduos Industriais

**PNAPRI** – Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais

**RA** – Resíduo Agrícola

**RCD** – Resíduo de Construção e Demolição

**RH** – Resíduo Hospitalar

**RI** – Resíduo Industrial

**RINP** – Resíduo Industrial Não Perigoso

**RU** – Resíduo Urbano

**TNT** – Tecido Não Tecido

**EU** – União Europeia

# 1. Introdução

## 1.1. Enquadramento

Os resíduos são uma temática bastante atual e crítica a nível mundial vincada pelo crescimento populacional, consumismo exagerado e industrialização. A elevada produção de resíduos, tanto em quantidade como em variedade, contribuiu para a maior demanda da gestão destes resíduos, e para o desenvolvimento tecnológico e industrial destas unidades ao longo dos tempos [1]. Assim, foi imprescindível a criação de legislação e políticas de gestão a fim de minimizar o seu impacte na saúde humana e na saúde ambiental. A nível nacional o regime geral de gestão de resíduos é regido pelo Decreto-Lei nº 102- D/ 2020, de 10 de dezembro, que revoga o Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho e o Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de setembro, que, primeiramente, se baseou na distinção da origem, forma ou estado, propriedades e na definição legal de resíduo. Sendo que no Capítulo II, encontram-se descritos os princípios mais importantes para a atual política de resíduos. A nível europeu surge a Lista Europeia de Resíduos (LER) que tem como objetivo uniformizar critérios de classificação como: sua origem; forma ou estado; propriedades e a sua definição legal dos resíduos.

No que concerne aos resíduos industriais, mais concretamente aos resíduos da indústria têxtil, este setor é marcado por altas taxas de utilização e baixos níveis de reciclagem, suportando uma pressão substancial sobre os recursos [24]. No entanto, ao longo dos últimos anos, tem sido feito um trabalho no sentido de reverter esta situação, aumentando a valorização dos resíduos têxteis, incentivando à economia circular. Assim, o que para uma instalação fabril pode ser considerado resíduo, sem qualquer valor, para outra indústria ou empresa, esse mesmo resíduo pode ser considerado matéria-prima, fazendo dessa um fluxo circular de reutilização, restauração e renovação [25]. Os resíduos industriais, a nível europeu são responsáveis por cerca de 37,2 % dos resíduos gerados, sendo que em Portugal o valor corresponde a 27,3 % dos resíduos produzidos, incluindo a indústria transformadora e indústria extrativa. Em Portugal, dos 27,1 % referentes à indústria transformadora, 3,5 % dizem respeito ao setor têxtil [7,21,22].

No âmbito do Mestrado Integrado de Engenharia do Ambiente, na Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, foi realizado um caso de estudo na vertente de gestão de resíduos de proveniência industrial, mais especificamente, resíduos têxteis, na Molaflex Colchões, S.A., pertencente ao Grupo Flex.

## **1.2. Objetivos**

Esta dissertação teve como objetivo a valorização do desperdício têxtil gerado na produção de um colchão na empresa Molaflex Colchões, S.A., bem como apresentar propostas de melhoria perspetivando uma otimização na gestão de resíduos gerados no processo produtivo.

## **1.3. Estrutura da tese**

Esta dissertação é composta por 6 capítulos distintos.

No primeiro capítulo é feito um enquadramento da dissertação, o objetivo e a sua estrutura.

O segundo capítulo refere-se a uma abordagem teórica da gestão de resíduos, produção e tecnologias de tratamento, assim como o sistema integrado dessa gestão; aspetos legais, produção de resíduos, tanto na União Europeia como em Portugal; uma breve referência aos resíduos industriais e uma abordagem geral ao que é feito em termos de valorização dos resíduos têxteis em Portugal.

O terceiro capítulo é referente ao Grupo Flex e empresa Molaflex Colchões, S.A., ao seu processo produtivo, avaliação do sistema de gestão de resíduos e sua tipologia e pontos de recolha, assim como recolha e transporte dos mesmos; e as quantidades geradas. Aborda-se, ainda, neste capítulo a valorização que é atualmente realizada na Molaflex.

No quarto capítulo é apresentada a metodologia utilizada nos ensaios de separação granulométrica, moagem e incorporação dos resíduos em tampos.

No quinto capítulo são apresentados os resultados obtidos e a discussão dos mesmos, assim como propostas de melhorias concretizadas e algumas sugestões de melhorias ainda a serem realizadas.

No sexto capítulo são apresentadas as principais conclusões obtidas ao longo da dissertação.

## 2. Da gestão à valorização dos resíduos

### 2.1. Gestão de resíduos

Nos últimos anos a produção de resíduos tem vindo a aumentar, facto influenciado por diferentes fatores. Nas últimas décadas assistiu-se a uma maior estabilidade económica e melhores condições de vida, a conjugação destes fatores originou um aumento da população mundial, e conseqüentemente um maior consumo que já está enraizado na sociedade em que vivemos, onde se produz mais, se consome mais e, por consequência, se geram mais resíduos. A crescente produção de resíduos, tanto em quantidade como em variedade, desencadeou uma inevitabilidade de implementar uma gestão rigorosa e adequada destes e, conseqüentemente, a necessidade do desenvolvimento de tecnologias de tratamentos de resíduos eficientes [1].

Desta forma, pode-se entender como Gestão de resíduos, segundo a Agência Portuguesa do Ambiente (APA): “o conjunto das atividades de carácter técnico, administrativo e financeiro necessárias à deposição, recolha, transporte, tratamento, valorização e eliminação dos resíduos, incluindo o planeamento e a fiscalização dessas operações, bem como a monitorização dos locais de destino final, depois de se proceder ao seu encerramento”. Tendo em conta o panorama dos resíduos que se vive atualmente, a sua gestão tornou-se, então, uma solução crucial, esta operação envolve a recolha, o transporte, a valorização e a eliminação de resíduos. Efetivamente, a gestão de resíduos para além de ser um benefício ambiental (poupança de utilização recursos naturais consumindo de forma sustentável), é também económico (criação de emprego; diminuição dos custos associados à extração e transformação dos recursos naturais) e social (criação de emprego; sociedade mais organizada) [2].

A gestão de resíduos assenta em diversos princípios que têm por base a sustentabilidade ambiental e económica. Tendo como referência o Regime Geral da Gestão de Resíduos estabelecido no DL. 73/2011, no Capítulo II, encontram-se descritos os princípios mais importantes para a atual política de resíduos: o princípio da autossuficiência e da proximidade (Artigo 4.º); o princípio da responsabilidade pela gestão (Artigo 5.º); o princípio da proteção da saúde humana e do ambiente (Artigo 6.º); o princípio da hierarquia dos resíduos (Artigo 7.º); o princípio da responsabilidade do cidadão (Artigo 8.º); o princípio da regulação da gestão de resíduos (Artigo 9.º); o princípio de equivalência, da eficiência e da eficácia (Artigo 10.º) e o princípio da responsabilidade alargada do produtor (Artigo 10.º-A).

Atualmente, na EU, a política do ambiente é baseada, fundamentalmente, do princípio da hierarquia dos resíduos. A Diretiva 2008/98/CE, transposta pelo DL 73/2011, refere que *“(31) A hierarquia dos resíduos estabelece uma ordem de prioridades do que constitui geralmente a melhor opção ambiental global na legislação e política de resíduos, embora possa ser necessário que certos fluxos específicos de resíduos se afastem dessa hierarquia sempre que tal se justifique por razões designadamente de exequibilidade técnica e viabilidade económica e de protecção ambiental”*. Assim, a política e a legislação em matéria de resíduos devem respeitar a seguinte ordem de prioridades, presente na Figura 1, no que se refere às opções de prevenção e gestão de resíduos:

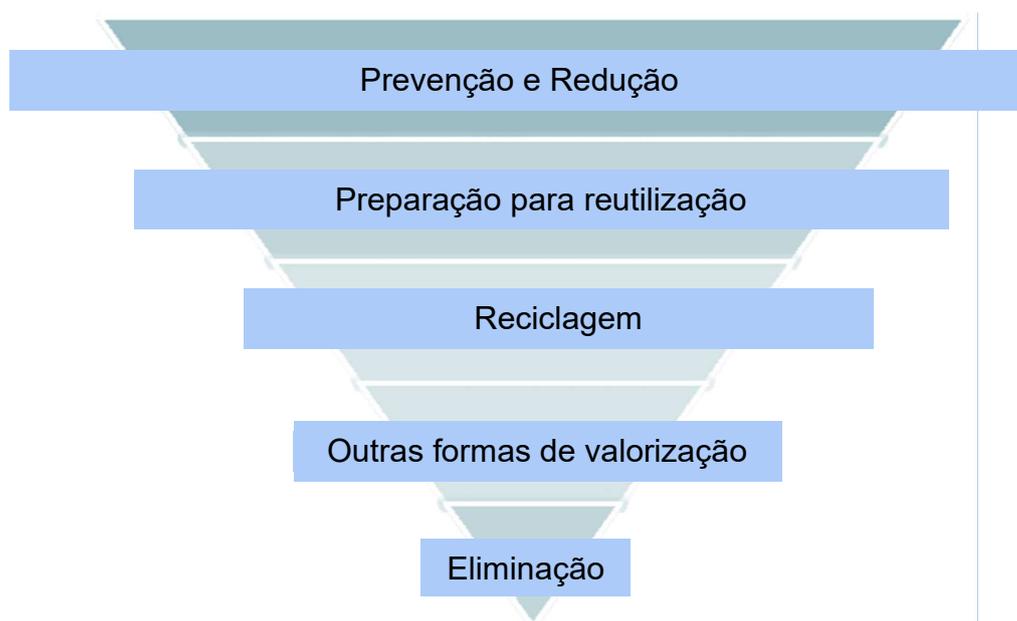


FIGURA 1 - PIRÂMIDE DA HIERARQUIA DE RESÍDUOS

A principal prioridade na hierarquia de gestão de resíduos é a maximização do topo da pirâmide, isto é, minimizar a quantidade e /ou toxicidade dos resíduos gerados, e assim diminuir os custos associados ao seu manuseio bem como os seus impactes ambientais. A reutilização é a segunda prioridade da hierarquia de gestão de resíduos e que, de acordo com o Decreto-Lei 178/2006, significa: *“qualquer operação mediante a qual produtos ou componentes que não sejam resíduos são utilizados novamente para o mesmo fim para que foram concebidos”*. A Reciclagem aparece como terceira prioridade, com vista à incorporação de resíduos ou componentes de resíduos, usados como matéria-prima, na produção de novos produtos. Segue-se “outras formas de valorização” que se refere essencialmente ao processo de valorização energética. Na

base da pirâmide surge a operação de “eliminação”, é a menos desejada em toda a gestão integrada de resíduos, mas quando corretamente monitorizada não acarreta problemas ambientais de elevada gravidade.

Devido à complexidade e a heterogeneidade dos resíduos, foi necessário proceder à classificação dos mesmos quanto a sua tipologia: Resíduo Urbano (RU), Resíduo Industrial (RI), Resíduo Hospitalar (RH), Resíduo Agrícola (RA), Resíduo de Construção e Demolição (RCD). Com o intuito de uniformizar os critérios de classificação e permitir uma fácil identificação, tendo em conta a origem e a composição dos resíduos, foi elaborada a Lista Europeia de Resíduos (LER). A LER é constituída por 20 capítulos, numerados de 01 a 20, onde cada um se encontra dividido em um ou mais subcapítulos [3]. Estes são identificados por um código de quatro dígitos, em que os dois primeiros dizem respeito ao código do capítulo respetivo e os quatro últimos ao subcapítulo e ao resíduo específico [3].

Os Resíduos Industriais são a problemática que irá ser abordada ao longo do presente documento, e é definida segundo Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho, como sendo um *“resíduo gerado em processos produtivos industriais, bem como o que resulte das atividades de produção e distribuição de electricidade, gás e água”*.

### **2.1.1. Resíduos Industriais**

Todos os anos, centenas de milhões de toneladas de resíduos são gerados pelas indústrias de todo o mundo. A gestão dos resíduos industriais, cada vez mais importante, é orientada pelo Plano Estratégico da Gestão dos Resíduos Industriais (PESGRI), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 89/2002, de 9 de abril, que estabelece os princípios estratégicos a serem cumpridos para uma correta gestão deste tipo de resíduos. O PESGRI centra-se nos seguintes pontos:

- Prevenção da produção de resíduos;
- Promoção e desenvolvimento das opções de reutilização e reciclagem, garantindo um nível elevado de proteção da saúde e do ambiente;
- Promoção da eliminação do passivo ambiental;
- Criação de um sistema integrado de tratamento de resíduos industriais, que contemple a inventariação permanente, o acompanhamento e controlo do movimento dos resíduos, a redução dos resíduos que necessitam de tratamento e destino final e a constituição de uma bolsa de resíduos e construção de centros integrados de recuperação, valorização e eliminação de resíduos (CIRVER).

De referir, ainda, que para além do PESGRI foi também elaborado o Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais (PNAPRI), como parte integrante da estratégia de gestão prioritária dos resíduos industriais a médio/longo prazo [4].

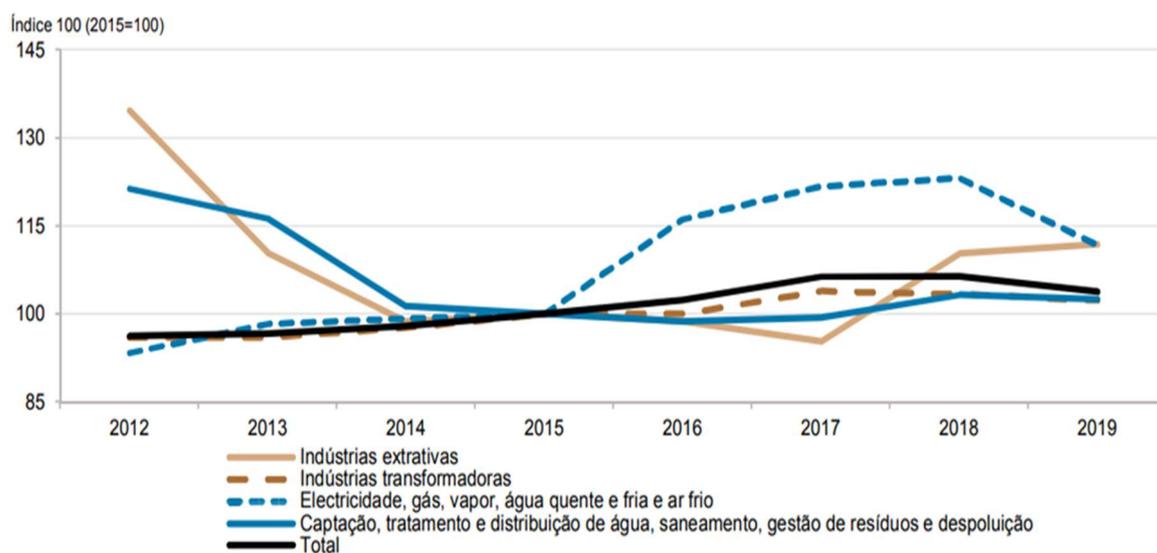
No que concerne à gestão dos RI, deverá subsistir um controlo do que é produzido, das condições de armazenamento e da forma como é transportado até ao destino final. Em primeira instância, os resíduos devem ser classificados de acordo com o código LER e, posteriormente, emitir um guia que contenha: a identificação do titular da licença, a identificação exata dos códigos dos resíduos abrangidos pelo código LER e a identificação das instalações e/ou equipamentos licenciados, entre outros.

Os resíduos industriais são resíduos provenientes de atividades com Classificação Portuguesa de Atividades (CAE) industrial, que engloba a indústria extrativa, a indústria transformadora, alojamento e restauração e os resíduos resultantes da produção e distribuição de eletricidade, gás e água [5]:

- **Indústria extrativa:** resíduos de prospeção e exploração de minas e pedreiras; óleos usados; embalagens; resíduos não especificados (equipamento fora de uso) e resíduos do comércio, indústria e serviços, similares aos urbanos [6].
- **Indústria transformadora:** resíduos provenientes do processamento de madeira, e fabricação de papel, cartão, pasta, painéis e mobiliário, provenientes da indústria têxtil ou couro, de refinação do petróleo, da purificação do gás natural e do tratamento pirolítico do carvão, processos químicos orgânicos e inorgânicos, indústria fotográfica, resíduos provenientes de moldagem e tratamento de superfície de metais e plástico, óleos usados, construção e demolição [6].
- **Produção e distribuição de eletricidade, gás e água:** resíduos provenientes de refinação do petróleo, da purificação do gás natural e do tratamento pirolítico do carvão, de processos químicos inorgânicos, de processos térmicos inorgânicos, de moldagem e do tratamento de superfície de metais e plástico, óleos usados, de embalagens, absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes, de resíduos não especificados (equipamento fora de uso), de construção e demolição, de instalações de tratamento de resíduos, de estações de tratamento de águas residuais e da indústria da água e resíduos do comércio, indústria e serviços, similares aos urbanos [6].
- **Indústria de construção:** Resíduos provenientes do fabrico, formulação, distribuição e utilização de revestimentos (tintas, vernizes e esmaltes vítreos), vedantes e tintas de impressão, de óleos usados, de substâncias orgânicas utilizadas como solventes, de embalagens, absorventes, panos de limpeza,

materiais filtrantes, de resíduos não especificados (equipamento fora de uso) e de construção e demolição [6].

Com o aumento da produção industrial aumentam as necessidades de recursos bem como o nível de atividade geradora de maior poluição (mais emissões atmosféricas, maior quantidade de águas residuais e resíduos gerados) [7]. O Índice de Produção Industrial diminuiu 2,5 % em 2019 face a 2018, após ter aumentado 0,1 % no ano anterior, contrariando a trajetória de crescimento iniciada em 2013 [7].



Fonte: INE, I. P.

FIGURA 2 – ÍNDICE DE PRODUÇÃO INDUSTRIAL [7]

Observando a Figura 2, verificamos que a indústria da “Electricidade, gás, vapor, água quente e fria e ar frio” foi a que apresentou maior variação, com uma diminuição de 9,3 % em 2019 face a 2018, contrariamente ao que se registava desde 2013 [7]. Os índices das “Indústrias transformadoras” e da “Captação, tratamento e distribuição de água, saneamento, gestão de resíduos e despoluição” também diminuíram em 2019, respetivamente 1,1 % e 0,7 %, face a 2018 [7]. Todavia, as “Indústrias extrativas” foram as únicas que apresentaram um aumento do índice de produção industrial neste período, aproximadamente 1,4 % [7].

De acordo com as características de perigosidade constantes do anexo III do artigo 3º do DL 73/2011, os diferentes resíduos industriais podem ser classificados como resíduos banais ou resíduos perigosos.

Desta forma, a gestão dos RI é realizada tendo por base a sua classificação: os resíduos banais (dependendo da sua tipologia) são tratados por entidades responsáveis pela gestão de outros fluxos de resíduos (ex. embalagens, pneus, óleos minerais, etc); os resíduos perigosos são geridos pelos CIRVER, podendo ser co-incinerados em cimenteiras ou armazenados provisoriamente (para tratamento fora do país).

### **2.1.2. Legislação aplicável**

O sector dos resíduos é um de muitos sectores que necessitam de um conjunto de políticas, que devem assumir um papel importante na Preservação dos Recursos Naturais, e que vão constituir o Planeamento e Gestão de Resíduos englobando todo o tipo de resíduos e sua origem [8].

A principal legislação de resíduos diz respeito ao Regime Geral de Gestão de Resíduos que sofreu algumas alterações ao longo dos anos, sendo o Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho, a terceira alteração do Decreto-Lei nº178/2006, de 5 de setembro, o documento mais atualizado [8]. Este decreto-lei reforça a prevenção da produção de resíduos e fomenta a reutilização e reciclagem, promove o aproveitamento do novo mercado organizado de resíduos, a fim da valorização dos resíduos [8]. De referir que, também, clarifica conceitos-chave, como as definições de resíduo, reutilização, preparação para reutilização, tratamento e reciclagem; incentivo à reciclagem e prevenção dos recursos naturais [8]. E realça que a gestão adequada de resíduos contribui para a preservação dos recursos naturais, quer ao nível da prevenção, quer através da reciclagem e valorização [8].

Relativamente ao plano nacional de gestão resíduos, este estabelece as orientações estratégicas de âmbito nacional da política de gestão de resíduos e as regras a definir pelos planos específicos de gestão dos mesmos. Estes devem conter: análise da situação atual, medidas a adotar para melhorar o tratamento de resíduos e a avaliação da execução dos objetivos impostos pelo Decreto-Lei.

A nível industrial o Decreto-Lei n.º 89/2002, que procede à revisão do PESGRI 99, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 516/99, de 2 de dezembro, aprova o Plano Estratégico de Gestão dos Resíduos Industriais (PESGRI), plano que integra a inventariação e a caracterização dos resíduos industriais produzidos ou existentes em Portugal e assume como objetivos prioritários a sua redução, reutilização e reciclagem [9]. De facto, é fundamental serem cumpridos todos os requisitos legais de forma a existir um controlo

ambiental tanto dos resíduos produzidos, como das emissões gasosas e dos efluentes gerados em qualquer atividade.

## 2.2. Produção de resíduos

### 2.2.1. Quantidade de resíduos produzidos em Portugal

Em Portugal, o setor que representa uma maior percentagem de resíduos produzidos é o da indústria com um total de 27,3% de resíduos gerados, 27,1% são provenientes da indústria transformadora, e 0,2% fazem parte da indústria extrativa, como é possível verificar na Figura 3. O setor que apresenta menor percentagem é o setor da agricultura, floresta e pesca, com 0,5% do total dos resíduos gerados.

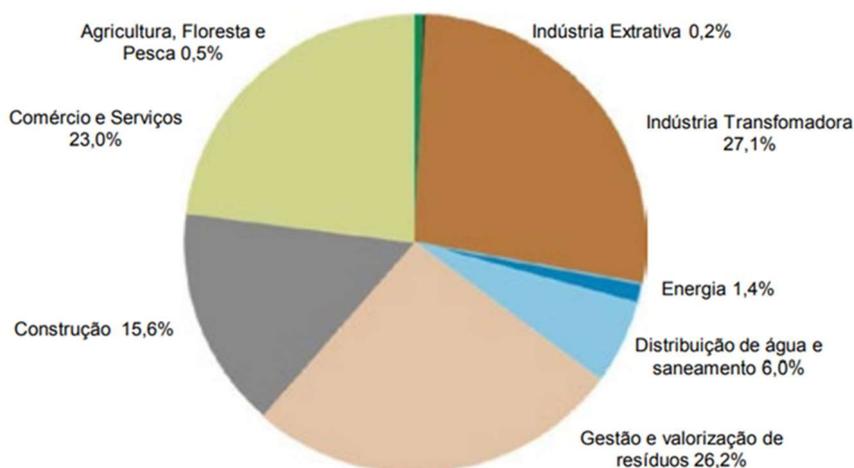


FIGURA 3 – RESÍDUOS PRODUZIDOS EM PORTUGAL EM 2019, NAS ATIVIDADES ECONÓMICAS E DOMÉSTICAS [7]

### 2.2.2. Quantidade de resíduos produzidos na União Europeia (UE)

A gestão de resíduos da UE têm como principais objetivos reduzir os impactes quer ambientais quer na saúde pública e melhorar a eficiência dos recursos da UE. A longo prazo pretende-se reduzir a quantidade de resíduos gerados e, sempre que a sua geração for inevitável, promovê-los como um recurso e, assim, aumentar as percentagens de reciclagem e de deposição segura dos resíduos [21].

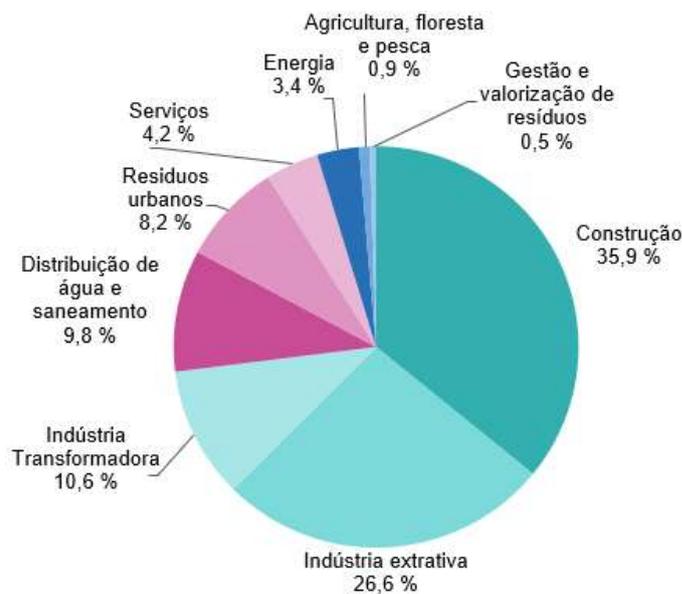


FIGURA 4 - RESÍDUOS PRODUZIDOS NA UNIÃO EUROPEIA EM 2018, NAS ATIVIDADES ECONÓMICAS E DOMÉSTICAS, ADAPTADO [21]

Na Figura 4 é possível observar, em percentagem, a quantidade de resíduos produzidos na UE, nas atividades económicas e domésticas, em 2018. Desta forma, pode verificar-se, que o setor da construção contribuiu com 35,9%, representando o setor com maior produção de resíduos, seguindo-se da exploração mineira (26,6%) e da indústria transformadora (10,6%). Os resíduos gerados no desmantelamento de automóveis e grandes eletrodomésticos apresentam a menor produção de resíduos com cerca de 0,5%.

### 2.3. Tecnologias de tratamentos e valorização de resíduos

Segundo os dados fornecidos pela estatística de resíduos da Eurostat, no ano de 2018, verificou-se um crescimento dos resíduos recuperados, contrariamente ao verificado com os resíduos que são encaminhados para aterro (Figura 5). A diminuição de resíduos depositados em aterro foi mais acentuada entre 2004 e 2008, coincidindo com um aumento da quantidade resíduos gerados e de um crescimento de resíduos recuperados.

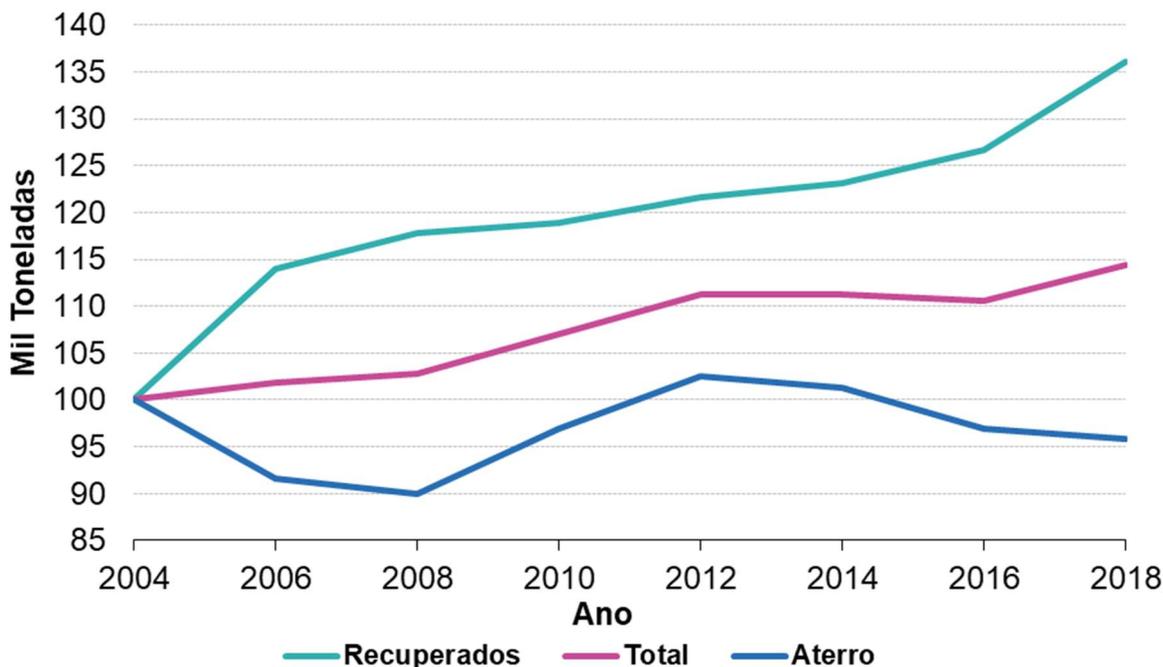


FIGURA 5 – TRATAMENTO DE RESÍDUOS ENTRE 2004 E 2018 [21]

O aumento acentuado de resíduos recuperados pode ser justificado por uma gestão de resíduos mais adequada e/ou, o desenvolvimento de novas tecnologias de tratamento.

### 2.3.1. Reciclagem

De acordo com o Decreto-Lei n.º 73/2011 a reciclagem pode ser definida como “qualquer operação de valorização, incluindo o reprocessamento de materiais orgânicos, através da qual os materiais constituintes dos resíduos são novamente transformados em produtos, materiais ou substâncias para o seu fim original ou para outros fins, mas que não inclui a valorização energética nem o reprocessamento em materiais que devam ser utilizados como combustível ou em operações de enchimento”.

A reciclagem de alguns dos componentes dos RU, constituídos por diferentes materiais, para dar origem a novos produtos, parece ser bastante ambiciosa, atendendo às suas quantidades. Contudo, para que tal seja possível e com qualidade adequada, a separação destes componentes deve ser promovida na origem. Deste modo, surge a fileira de resíduos que é definida, com base no DL 73/2011, como sendo “o tipo de material constituinte dos resíduos, nomeadamente fileira dos vidros, fileira dos plásticos, fileira dos metais, fileira da matéria orgânica ou fileira do papel e cartão”.

Desta forma, no processo de reciclagem os materiais “ganham uma nova vida” ao serem reaproveitados e transformados em novos produtos, diminuindo assim a produção de resíduos e a quantidade de resíduos enviados para aterros e/ou incineradoras. Este processo permite a conservação de recursos naturais e de matérias-primas, diminuindo a poluição e os gastos energéticos associados aos processos extrativos de matérias-primas [10].

### **2.3.2. Tratamento mecânico e biológico**

O tratamento mecânico e biológico consiste na separação mecânica dos resíduos indiferenciados em três categorias: matéria orgânica, materiais recicláveis e rejeitados [11].

Na parte do tratamento mecânico é efetuada uma série de automatismos, servindo para a remoção de matérias recicláveis: metais, plásticos, vidros e papel [11]. No tratamento biológico ocorre a decomposição de matéria orgânica, através dum processo de digestão aeróbia dentro de biorreatores, transformando-a num composto [11].

Um dos objetivos do tratamento mecânico e biológico é a redução da quantidade de resíduos depositados em aterro. O desvio dos resíduos orgânicos dos aterros aumenta a vida útil do mesmo; a redução da atividade biológica da fração orgânica dos resíduos domésticos diminui as quantidades de gases geradas no aterro bem como a redução da quantidade de poluentes que possam contaminar as águas subterrâneas [12].

### **2.3.3. Compostagem (Reciclagem orgânica aeróbia)**

A compostagem ou reciclagem orgânica aeróbia é considerado um processo de decomposição da fração orgânica dos resíduos em ambiente aeróbio para produzir um composto, uma substância húmida, que pode ser usada como fertilizante ou corretor de solos [13]. Neste processo de oxidação biológico aeróbio, com uma fase altamente exotérmica, onde são asseguradas as condições de oxigenação (com quantidade suficiente de  $O_2$ ), de humidade e de nutrientes, a matéria orgânica é metabolizada a  $CO_2$  e  $H_2O$  [13]. Na compostagem ocorre a higienização do produto obtido, devido às condições de temperatura e tempo de tratamento, e a redução da massa e volume de resíduos tratados para cerca de 40% do valor inicial [13].

O processo de compostagem é constituído por três estágios essenciais:

- Pré-processamento, nesta etapa são removidos os contaminantes, o resíduo é submetido a uma redução de calibre e é realizada a homogeneização e os ajustes das condições de degradação;
- Decomposição aeróbia, inicia-se degradação aeróbia da fração orgânica e desinfeção;
- Maturação, que consiste na degradação aeróbia de intermediários resultantes da fase anterior (compostos de mais difícil degradação) e eliminação de patogénicos remanescentes.

O processo de compostagem pode ser realizado recorrendo a dois tipos de sistema de arejamento: sistema “aberto”, é um processo lento e efetuado em pilhas/leiras revolvidas ou pilhas/leiras estáticas; e o sistema “fechado”, neste sistema a compostagem é “acelerada” e efetuada em túnel ou tambor. A Tabela 1, apresenta a comparação entre o sistema aberto e o sistema fechado usado no processo de compostagem:

TABELA 1 – COMPARAÇÃO DE PROCESSOS DE COMPOSTAGEM (ADAPTADO DE TCHOBANOGOLOUS E OUTROS. 1993) [13]

Variável	Sistema “Aberto”		Sistemas “Fechados”	
	Pilhas revolvidas	Pilhas estáticas arejadas	Mistura (dinâmico)	Sem Mistura
<b>Custos de capital</b>	Geralmente Baixos	Geralmente baixo em sistemas de pequena escala	Geralmente Elevado	Geralmente Elevado
<b>Custos operacionais</b>	Geralmente Baixos	Elevados	Geralmente Baixos	Geralmente Baixos
<b>Área necessária</b>	Elevada	Elevada	Baixa podendo aumentar se for necessária secagem ou estabilização	Baixa podendo aumentar se for necessária secagem ou estabilização
<b>Controlo de arejamento</b>	Limitado, quando não existe sistema de arejamento	Completo	Completo	Completo
<b>Controlo operacional</b>	Frequência de revolvimento	Taxa de arejamento	Taxa de arejamento, mistura	Taxa de arejamento
<b>Sensibilidade a tempo frio ou húmido</b>	Sensível se não estiver abrigado	Funciona em tempo frio e húmido	Funciona em tempo frio e húmido	Funciona em tempo frio e húmido
<b>Controlo de odores</b>	Potencial emissor de odores Difícil de controlar	Potencial emissor de odores Pode ser controlado	Bom	Bom
<b>Potenciais problemas operacionais</b>	Suscetível em condições climáticas adversas	Distribuição de ar; Controlo da taxa de arejamento é crucial	Elevada flexibilidade operacional, Sistema pode ser complexo do ponto de vista mecânico	Distribuição de ar; Sistema pode ser complexo do ponto de vista mecânico

Uma das vantagens deste processo de valorização é a produção de um composto que pode ser usado para melhorar a estrutura e as propriedades físicas do solo (ex. solos argilosos), aumentar o teor de nutrientes disponíveis para as plantas, e reter a humidade no solo. Adicionalmente, a utilização do composto pode minimizar a potencial poluição gerada pela utilização de técnicas de agricultura intensiva, que introduzem nutrientes em suporte químico; o composto absorve-os/adsorve-os tornando-os menos lixiviáveis, diminuindo os consequentes impactes ambientais [13].

De referir, ainda, que é uma tecnologia de tratamento de elevada flexibilidade operacional: combina baixo custo e elevada eficiência [13]. O baixo custo refere-se à utilização de equipamentos simples para manter controlados os parâmetros fundamentais sem exigência de mão de obra intensiva [13]. A elevada eficiência é conseguida através da otimização e controlo dos parâmetros essenciais durante todo o processo de compostagem de modo a garantir a estabilização da matéria orgânica [13].

#### **2.3.4. Digestão Anaeróbia – Reciclagem Orgânica Anaeróbia**

A digestão anaeróbia é um processo baseado num conjunto de reações realizadas por uma comunidade microbiana que, na ausência de oxigénio, realiza a decomposição da matéria orgânica [14].

Neste processo ocorre a conversão da matéria orgânica numa mistura de metano ( $\text{CH}_4$ ) e dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (BIOGÁS), e produção de um digerido com matéria orgânica aproveitável para corretivo de solos (normalmente necessita um tratamento adicional) [14].

A digestão anaeróbia tem vindo a ser utilizada para tratamento de lamas, resíduos agrícolas, pecuária, lagares de azeite, entre outros [14]. O processo desenrola-se num reator fechado e controlado (digestor), podendo o biogás ser utilizado para produção de energia elétrica, aquecimento ou injeção nas redes de abastecimento de gás natural (com necessidade de tratamento) [14].

De referir, que é uma tecnologia que pode ser classificada tendo em conta o teor de sólidos no digestor: via húmida ou via seca (necessita de menores quantidades de água); de acordo com a temperatura: mesófilo (30–35 °C) ou termófilo (45–65 °C); de acordo com o tipo de reator: descontínuo, de expansão contínua, de fluxo contínuo, de fluxo de pistão ou de contacto e, por fim, tendo em conta a utilização de reator de hidrólise e metanização em separado ou não (ex. 1 ou 2 fases/etapas) [14].

### 2.3.5. Incineração

Segundo o Decreto-Lei nº 127/2013, 30 de Agosto, capítulo 1, artigo 3º, alínea ff), a incineração é definida como um “tratamento térmico de resíduo, com ou sem valorização do calor gerado pela combustão, podendo ser realizada por oxidação e outros processos de tratamento térmico, como a pirólise, a gaseificação ou processos de plasma, se as substâncias resultantes do tratamento forem subsequentemente incineradas.”

A incineração é um processo químico por via térmica, com ou sem recuperação da energia calorífica produzida, de tratamento de resíduos que não possam ser valorizados e onde ocorre uma redução do volume [15]. No contexto das tecnologias de tratamento de resíduos urbanos faz sentido realizar esta abordagem na perspetiva da incineração por combustão completa/oxidação com recuperação de calor, por ser a mais comum. Este processo de destruição térmica aplica-se a várias tipologias de resíduos, sendo em alguns casos obrigatória a sua utilização (como por exemplo os resíduos hospitalares do grupo IV). A pirólise e gaseificação também fazem parte das tecnologias de incineração [15].

Distinguem-se, essencialmente, 2 formas de realizar a incineração dos resíduos: incineração dedicada e co-incineração [15]. No que diz respeito à incineração dedicada a unidade de incineração só tem a atividade de incineração dos resíduos [15]. Por outro lado, na co-incineração a incineração dos resíduos é uma atividade complementar da qual a unidade vai beneficiar em redução de custos do processo principal, reduzindo ao mesmo tempo o problema de gestão dos resíduos [15].

Como resultado da operação de uma unidade de incineração resultam emissões gasosas, resíduos sólidos e efluentes líquidos [15]. Na carga poluente emitida pelas centrais de incineração, as emissões gasosas são as que recebem mais atenção por parte dos ambientalistas e dos legisladores, sendo as mais preocupantes: partículas, gases ácidos tais como o cloreto de hidrogénio (HCl), ácido fluorídrico (HF) e dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e metais pesados (Hg, Pb, Cd entre outros) [15]. Em Portugal, os valores-limite de emissão atmosférica relativos à incineração de resíduos encontram-se definidos no Decreto-Lei nº 127/2013 e no Decreto-Lei nº 85/2005. Na União Europeia são impostos pela Diretiva 2010/75 /CE e a Diretiva 2000/76 /CE.

### 2.3.6. Aterro

Um aterro é, geralmente, considerado como sendo a unidade física utilizada para deposição de resíduos sólidos na superfície terrestre [16]. Segundo o DL 183/2009, um aterro é *“A instalação de eliminação de resíduos através da sua deposição acima ou abaixo da superfície natural, incluindo: as instalações de eliminação internas, considerando-se como tal os aterros onde o produtor de resíduos efectua a sua própria eliminação de resíduos no local de produção; uma instalação permanente, considerando-se como tal a que tiver uma vida útil superior a um ano, usada para armazenagem temporária”*.

Mesmo existindo metodologias de redução de resíduos e unidades de valorização e tratamento de resíduos existe sempre uma parte dos resíduos para a qual a deposição controlada é a única solução viável (por razões técnicas e económicas) [16]. Desta forma, a deposição em aterro deve ser encarada como componente duma estratégia global de gestão de resíduos, mas não uma solução única ou uma situação improvisada, não segura [16].

No que toca à deposição, os aterros podem, ainda, ser classificados como:

- **Lixeira:** resíduos depositados de forma indiscriminada não existindo controlo posterior [16];
- **Vazadouro controlado:** resíduos depositados de forma ordenada e cobertos com terra. Local com vedação, algumas condições de drenagem e impermeabilização, sem monitorização de impacte ambiental [16];
- **Aterro controlado:** resíduos depositados ordenadamente e cobertos com terra ou material similar, existe controlo sistemático dos lixivantes e dos gases produzidos durante e após encerramento. Os resíduos têm que respeitar critérios de admissão assim como os requisitos técnicos definidos na legislação aplicável [16];
- **Armazenagem subterrânea:** confinamento numa cavidade geológica profunda [16].

De acordo com a tipologias de resíduos e a legislação europeia, os aterros podem ser classificados como: aterros para resíduos inertes; aterros para resíduos não perigosos ou aterros para resíduos perigosos [16]. E, tendo em conta a deposição realizada, podem ser: co- deposição - deposição de mais do que um tipo de resíduos (ex. RU, Resíduos Industriais Não Perigosos (RINP), lamas, cinzas) - ou mono-deposição - só um tipo de resíduos (ex. Cinzas de incineradora) [16].

## 2.4. Indústria têxtil - Valorização de resíduos têxteis

A indústria têxtil apresenta uma elevada complexidade no que diz respeito às variadíssimas operações desde a produção da fibra ao produto final, passando pela diversidade dos materiais utilizados [17]. Esta indústria engloba várias cadeias de produto, incluindo vestuário, transportes, construção civil, saúde, têxteis-lar, desporto-lazer, áreas militares da defesa, entre outras [17]. O mercado têxtil apresenta uma grande diversidade de materiais baseados em fibras, que contém propriedades muito diversas e únicas (flexibilidade, conforto, elevado rácio resistência/peso), o que lhes permite abranger diversas áreas de valorização [17].

Como se pode observar na Figura 6, a quantidade de resíduos têxteis gerados no ano 2019 em Portugal, foi de 3,51%. O valor referente aos resíduos têxteis produzido tem sido mais ao menos constante ao longo dos anos. Um dos grandes objetivos presentes nas novas medidas do Plano Estratégico de Resíduos Urbanos (PERSU) 2020+ é diminuir esse valor através da disponibilização de meios de recolha, campanhas de sensibilização aos consumidores para um consumo mais sustentável, no sentido de utilizar por mais tempo o seu vestuário [23].

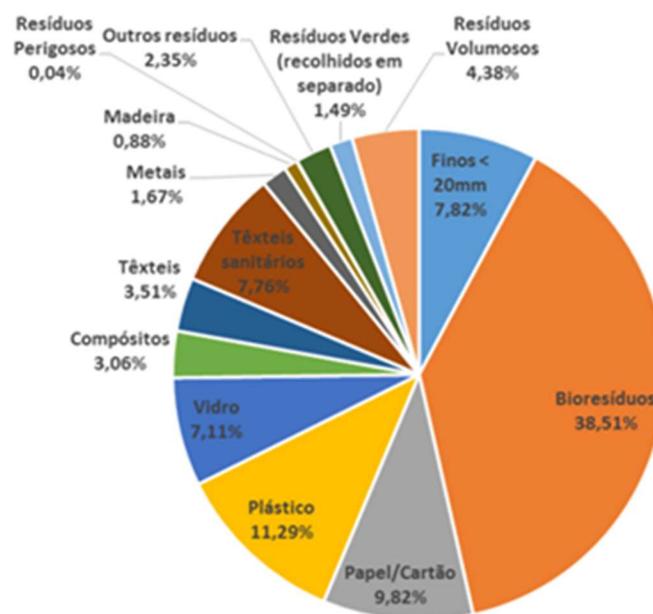


FIGURA 6 – CARACTERIZAÇÃO FÍSICA DOS RESÍDUOS PRODUZIDOS, EM 2019 [22]

A valorização de resíduos têxteis é um meio que permite prolongar a vida útil dos produtos têxteis e, ao mesmo tempo, diminuir os impactes significativos no ambiente e no seu ciclo de vida. Assim, o processo de reciclagem/valorização pode ser dividido em

duas categorias: reciclagem em ciclo fechado, onde os materiais são reciclados em novos produtos com o mesmo intuito e de qualidade idêntica, e reciclagem em ciclo aberto ou em cascata, em que os materiais são reciclados em produtos diferentes dos originais e de qualidade inferior [18].

As tecnologias de reciclagem de resíduos têxteis podem ser classificadas de: mecânicas, térmicas, químicas, ou combinação das tecnologias mencionadas, anteriormente [19]. A reciclagem mecânica consiste na trituração do resíduo, podendo ser usado para carpetes ou numa solução alternativa de isolamento térmico [19]. A reciclagem térmica refere-se à produção de matéria-prima, a partir dos resíduos têxteis, para posterior extrusão ou criação de novos produtos [19]. Por sua vez, a reciclagem química consiste numa série de processos químicos com o intuito de transformar os materiais novamente nos seus compostos químicos necessários à sua produção denominados, monómeros [19].

Desta forma, por exemplo, o desperdício têxtil poderá ser incorporado em materiais de construção, como na produção de betão, devido aos vários materiais que contém, como o algodão, a seda e o poliéster [20]. Nesta aplicação os resíduos têxteis são misturados com cimento, produzindo um material compósito semelhante ao betão, mas que pode ser cortado como se fosse madeira, funcionando como elementos de agregação e reforço, aumentando o volume da mistura, diminuindo o peso e contribuindo para aumentar a resistência devido à sua natureza fibrosa [20].

Outra valorização destes resíduos é a produção de papel a partir de fibras têxteis processadas. Nesta aplicação os resíduos, separados por cores, sofrem um processo mecânico de maceração e são transformados em pasta de papel, que posteriormente é diluída com água em determinadas proporções, tendo em conta a gramagem de papel pretendida. De seguida, a pasta de papel é colocada sobre feltros e prensada, para retirar o excesso de água, e, depois, é sujeita a um processo de secagem, numa estufa, por desidratação do papel. Após a secagem, realiza-se a laminagem e embalagem do papel para posterior comercialização [20].

A valorização energética, também, é um dos tipos de valorização que é realizado aos resíduos têxteis com o intuito de serem utilizados como combustível derivado de resíduos (CDR). Neste tipo de valorização os resíduos são transformados em briquetes, quando compactos a elevadas pressões, facilitando o seu transporte e armazenamento. A temperatura que é atingida devido às pressões elevadas a que são sujeitos possibilita a plastificação da lenhina, que é um constituinte dos materiais lenho-celulósicos, evitando a adição de produtos aglomerantes, como resinas ou ceras [20].

Alguns estudos [20] reportam a possível utilização de resíduos têxteis como material absorvente e estruturante em processos de compostagem, nomeadamente em infraestruturas que valorizam a fração orgânica de RSU.

Os resíduos têxteis, usados no setor da colchoaria, mais concretamente os feltros, material composto por 28% de polipropileno, 40% de poliéster, 20% de algodão e 12% de outras fibras, podem ser utilizados na construção civil e no sector automóvel, em isolamento térmico ou acústico, reforço estrutural, ou como material de revestimento e acabamento, entre outros [26, 27]. O desempenho deste tipo de resíduos na construção civil deve ser em parte baseado no comportamento dos tecidos quando são usados como vestuário, em que a sua função é proteger o corpo humano do frio e do calor, de forma a manter as condições de conforto térmico [27]. Alguns estudos foram realizados, no sentido de analisar os fenómenos de transferência de calor através dos tecidos, procurando mostrar que as propriedades de isolamento térmico estão altamente relacionadas às propriedades e configuração de seus componentes [27].

Por sua vez, o feltro é um produto eficaz na redução de ruídos aéreos e de impacto, podendo ser usado na construção de pisos e paredes, visto que apresenta um excelente desempenho térmico e acústico, é fácil e rápido de ser aplicado, permite a passagem de ar, é um produto inofensivo para a saúde e apresenta elevada eficiência energética [28]. Como mencionado, anteriormente, os feltros podem, ainda, ser aproveitados no setor automóvel, sendo usados como reforço para materiais de superfície decorativos em peças internas e assentos [29].

Em Portugal, existem algumas empresas direcionadas para a valorização destes resíduos, mas com maior enfoque na produção de fibras têxteis (por exemplo, Sasia) e posterior venda das mesmas para outro tipo de finalidade.

## 3. Caso de estudo

### 3.1. Molaflex Colchões, S.A. – História, missão e valores



A empresa foi fundada em 1951, em S. João da Madeira, sob a forma de sociedade por quotas e com a denominação social de “Indústrias Molaflex, LDA”. Começou por produzir colchões, espumas, tecidos e peças metálicas, vindo mais tarde a fabricar, também, mobiliário de madeira e bancos, destinados à indústria automóvel, e ao equipamento das carruagens do caminho de ferro.

Em 1987, o grupo francês BERTRAND FAURE AUTOMOBILE (BFA) adquiriu a empresa, tendo procedido à separação do sector produtivo de colchões dos restantes. Dois anos depois, em 1989, o grupo espanhol Flex comprou à BFA, toda a área industrial e de distribuição de colchões, constituindo a empresa com a atual designação social.

Mais tarde, no ano de 1994, parte do capital do grupo Flex foi adquirido pelo grupo suíço MERCUR, afiançando o processo de liderança no mercado nacional e favorecendo a projeção nos mercados internacionais. Todavia, em 1999, o Grupo Flex compra à MERCUR a sua quota acionista, ficando com 100% da Molaflex.

No ano 2000, o Grupo Flex cria uma divisão internacional representada pela empresa Flexinter a qual passa a deter os 100% do capital da Molaflex. Desta forma e fruto duma dinâmica comercial e de gestão, a Molaflex voltou a reconquistar os segmentos do mercado nacional em que se insere, intensificando, progressivamente, os canais de distribuição: clientes diretos; distribuidores; hotéis; hospitais e grandes superfícies. Internacionalmente, está presente nos mercados de Espanha, Inglaterra, Brasil, Chile e Cuba, através da parceria com a marca Flex, e é reconhecida como uma marca de referência no mercado.

A Molaflex Colchões, S.A, primeira na indústria dos colchões em Portugal, atualmente, para além de colchões, produz bases em madeira, vulgarmente designadas por *sommiers*, e comercializa outros produtos relacionados com o descanso (almofadas, etc). A Molaflex está situada em Santa Maria da Feira, desde 2019, ocupando uma área de 80.000 m<sup>2</sup>, dos quais cerca de 40.000 m<sup>2</sup> são cobertos. Com o intuito de melhorar as entregas aos seus clientes, apresenta, ainda, armazéns externos localizados em Sacavém e Faro. Atualmente emprega 400 pessoas distribuídas pelos diferentes serviços.

### 3.2. Processo produtivo

No processo produtivo da MOLAFLEX existem 8 principais setores de produção de um colchão:

- **Setor/ Processo Armazém de Matérias-primas**, destinado à receção e rastreio das matérias-primas que são utilizadas no fabrico do colchão.
- **Sector /Processo Carcaças**, destinado a trefilação do arame em aço devidamente tratado e fosfatado, sob o desígnio de mola.
- **Sector /Processo Acolchoados**, destinado ao fabrico dos tampos, parte constituinte do colchão (parte superior e inferior do colchão).
- **Sector /Processo Faixas**, zona onde se compõe a parte lateral do colchão.
- **Sector /Processo Montagem**, onde se processa a união de todos os componentes realizados nas secções anteriores.
- **Setor/ Processo Inspeção**, onde se realiza a supervisão do produto, como um todo, antes do embalamento.
- **Sector / Processo Embalagem**, local onde os colchões são embalados em plástico numa máquina, de forma automatizada, e poderão mediante o destino levar caixa de cartão ou não.
- **Setor/ Processo Armazém de Produto Terminado e Mercadorias**, local onde se encontram dispostos os colchões já preparados para seguirem até ao destino final.

Na Figura 7 pode observar-se o fluxograma do processo de produção de um colchão, desde a entrada das matérias-primas na fábrica ao armazenamento do produto terminado e mercadoria.

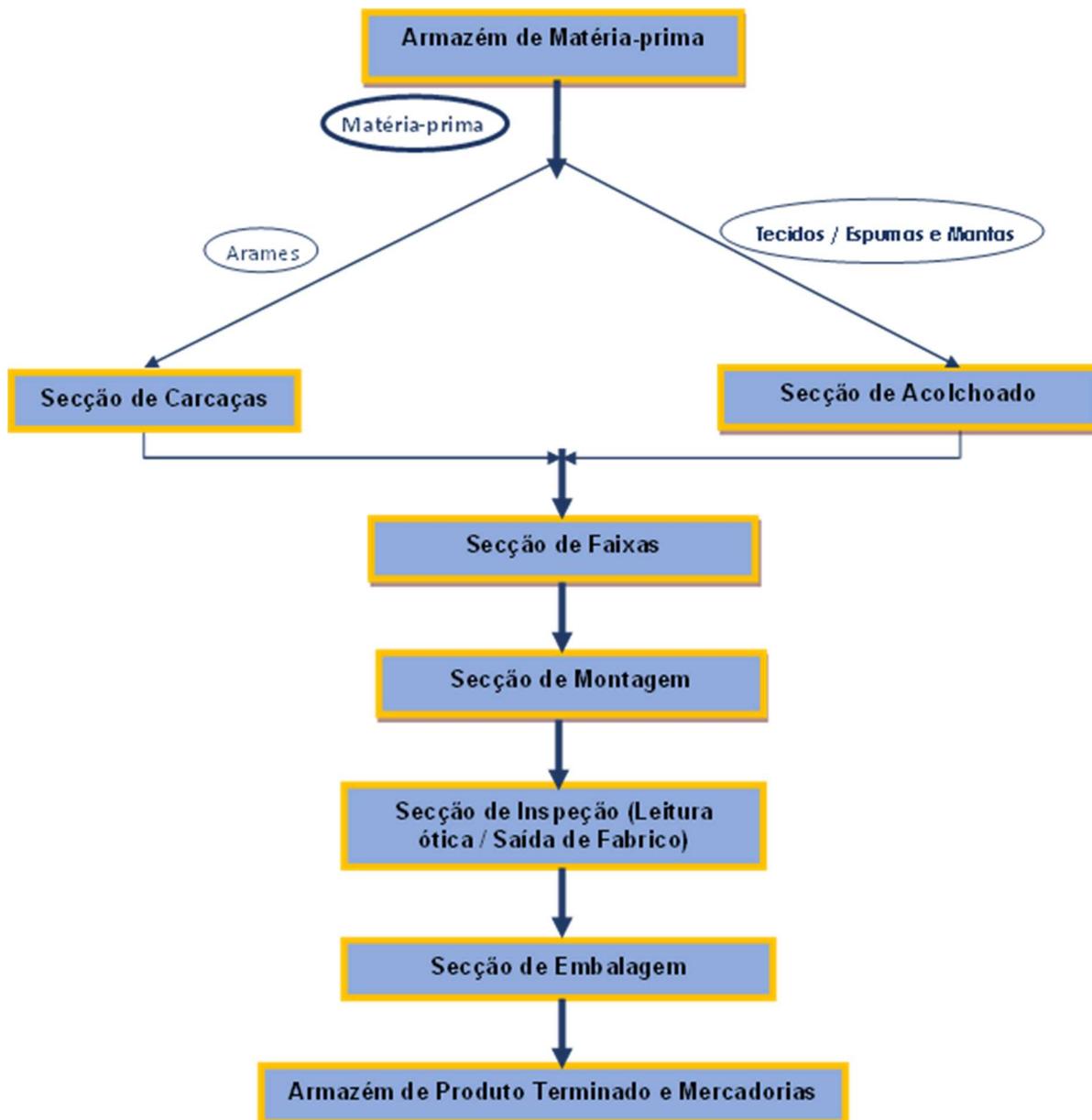


FIGURA 7 - FLUXOGRAMA DO PROCESSO PRODUTIVO DE UM COLCHÃO NA MOLAFLEX COLCHÕES, S.A.

### 3.2.1. Sector / Processo Armazém de Matérias-primas

No setor do armazém de matérias-primas, recebe-se e rastreia-se as matérias-primas, desde o aço, aos tecidos, às placas de feltro, às espumas técnicas, aos respiros, às etiquetas, às fitas diagonais, entre outros, que serão utilizados no fabrico de um colchão (Figura 8).



FIGURA 8 – ARMAZÉM DE MATÉRIAS-PRIMAS

Cada secção solicita as necessidades ao armazém, que confere as quantidades recebidas e as envia para fabrico. A circulação das matérias-primas é efetuada de forma automática, por leitura ótica de código de barras, permitindo um ajuste eficiente e automático dos stocks para que não exista carência de materiais.

O seguinte fluxograma resume de forma sucinta as principais operações realizadas nesta secção:



### 3.2.2. Sector /Processo Carcaças

No sector das carcaças o processo inicia-se com a receção do arame em aço (Figura 9 A), devidamente fosfatado, procedendo-se à sua trefilação (Figura 9 B e C), sob o desígnio de mola contínua, com aço de 1,9 mm de baixo carbono.

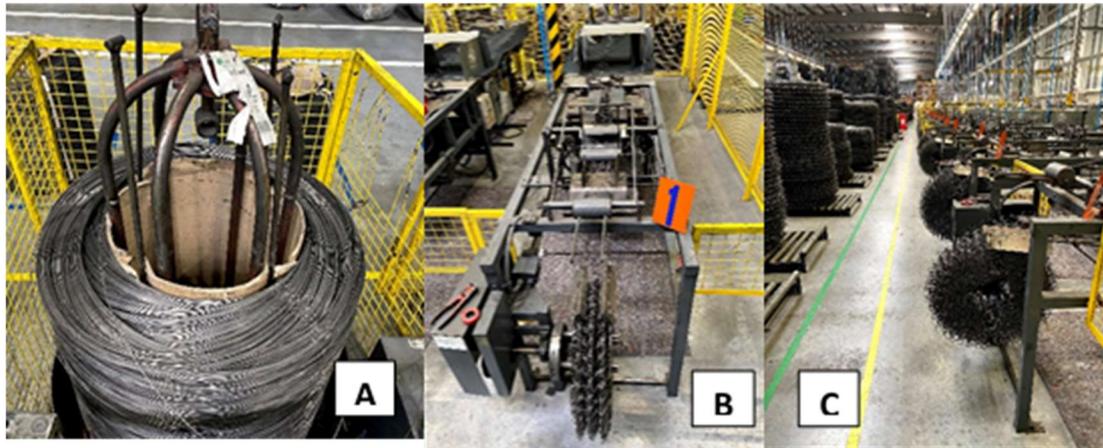


FIGURA 9 - RECEÇÃO DO ARAME EM AÇO (IMAGEM A) E A SUA TREFILAÇÃO (IMAGEM B E C)

As molas são colocadas em grandes bobines que são, posteriormente, transportadas para as ensambladoras, onde se efetua a união das molas com as espirais (asseguram o suporte às molas na carcaça) em aço de espessura igual a 1,35 mm (Figura 10).

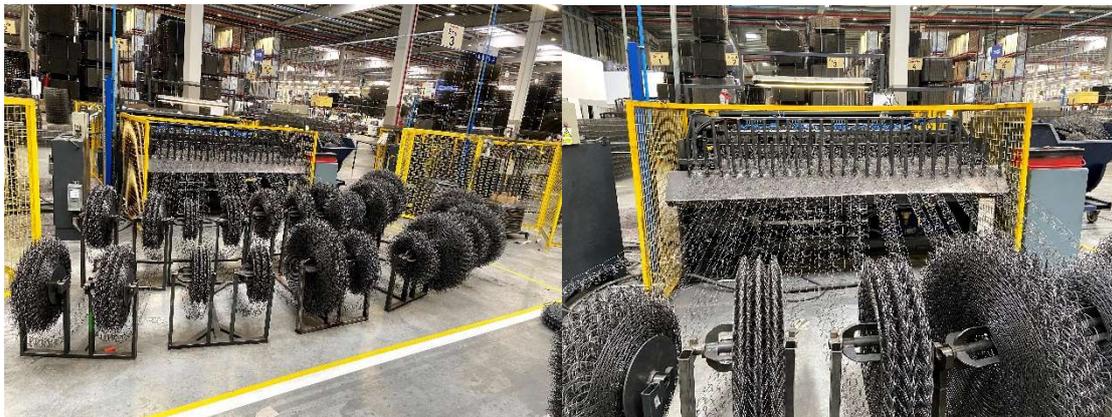


FIGURA 10 - UNIÃO DAS MOLAS COM AS ESPIRAIS

Depois de construída na máquina, a carcaça sofre um tratamento térmico de recozimento para alívio de tensões, perspectivado no sentido de não danificar a microestrutura do aço, conservando as suas características iniciais, quase intactas (Figura 11 A). Por fim, o aro é agrafado à carcaça de molas, para dar suporte estrutural à carcaça (Figura 11 B).

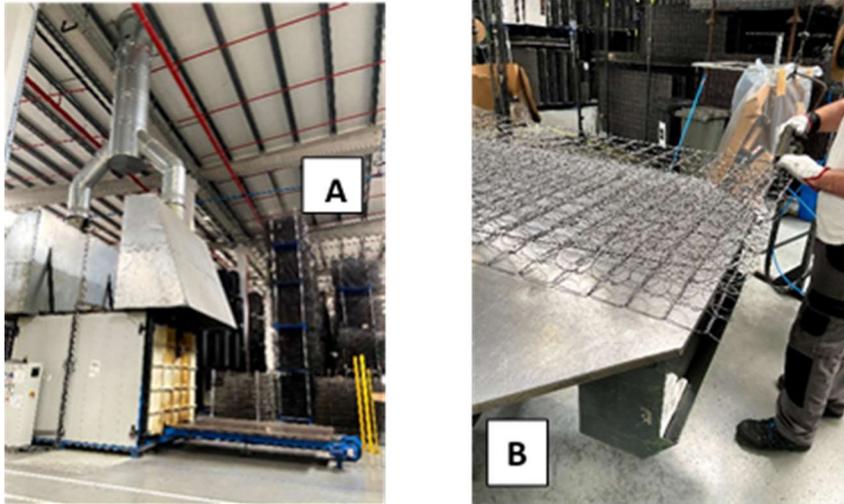
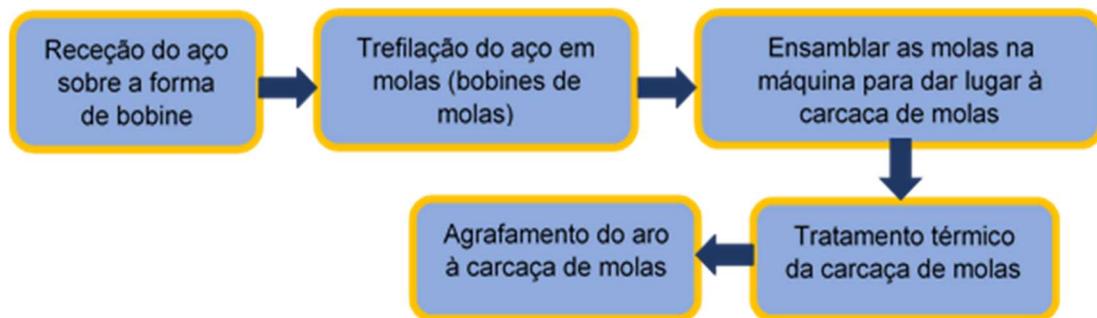


FIGURA 11 - TRATAMENTO TÉRMICO (IMAGEM A) E AGRAFAGEM DO ARO (IMAGEM B)

O seguinte fluxograma resume de forma sucinta as principais operações deste processo:



### 3.2.3. Sector /Processo Acolchoados

Na secção dos acolchoados são fabricados os tampos, a parte constituinte do colchão – parte superior e inferior do colchão. Nesta etapa do processo, realiza-se a união de componentes por intermédio de máquinas de costura automáticas, que fazem a simbiose e a combinação de espumas técnicas e tecidos (Figura 12).



FIGURA 12 - UNIÃO DE COMPONENTES (ESPUMAS TÉCNICAS E TECIDOS)

Neste setor existem dois tipos de tecnologias:

- **Bordados contínuos**, são bordados menos elaborados e apresentam um sistema de barras fixas com várias agulhas, a trabalhar em simultâneo, que realizam a costura do desenho nos tampos (Figura 13).



FIGURA 13 - BORDADOS CONTÍNUOS

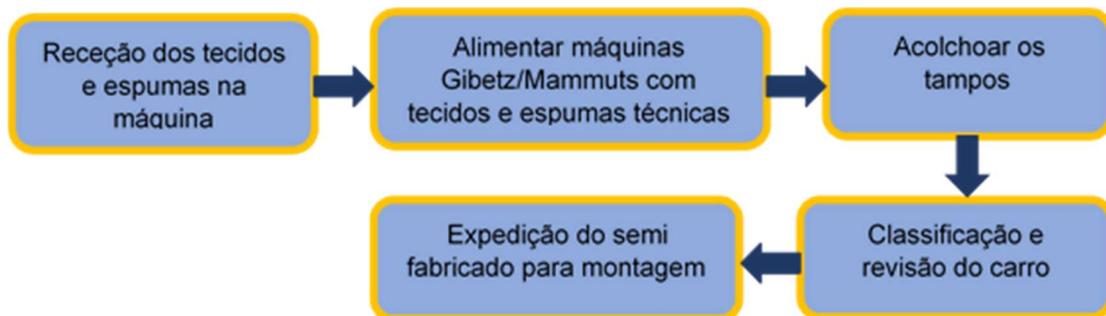
- **Bordados tampo a tampo**, constituem bordados de maior espessura e de maior complexidade, ao nível de desenho e execução. Este tipo de bordados é efetuado com um sistema de 2 cabeças, que trabalham de forma independente, sobre eixos referenciais e vão cozendo o desenho pretendido (Figura 14).



FIGURA 14 - BORDADOS TAMPO A TAMPO

Os acolchoados apresentam uma grande diversidade de modelos, existindo cerca de 350 modelos diferentes, o que obriga a uma desmedida troca de materiais nas máquinas acolchoadoras, ajustes, etc.

O seguinte fluxograma apresenta as principais operações deste processo:



### 3.2.4. Sector /Processo Faixas

Na secção das faixas é produzida a parte lateral do colchão, procedendo à personalização das faixas, asas, bordados, etiquetas de identificação e colocação de respiros.

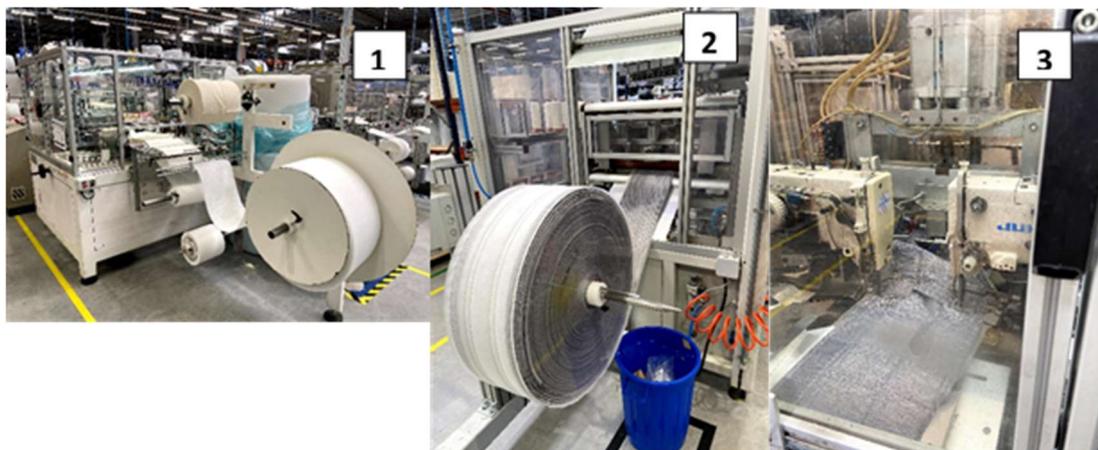


FIGURA 15 - PROCESSO DE ACOLCHOAR DO CORPO DA FAIXA

Numa primeira fase, é acolchoado o corpo da faixa (Figura 15), designado por trela e armazenado sobre a forma de rolos (Figura 16 A). De seguida, é cortado, com determinadas medidas, e são aplicadas as respetivas especificidades de cada uma das faixas, como etiquetas, etc., (Figura 16 B).



FIGURA 16 - ARMAZENAMENTO EM FORMA DE ROLO (IMAGEM A) E APLICAÇÃO DE ESPECIFICIDADES (IMAGEM B)

No fluxograma encontram-se as principais operações deste processo:



### 3.2.5. Sector /Processo Montagem

A secção de montagem é o local onde se processa a união de todos os componentes trabalhados nas secções anteriores. Nesta secção são rececionados todos os acolchoados, as carcaças, os semifabricados, entre outros, devidamente classificados, de acordo com os critérios estipulados e com a ficha técnica de produto, que serão unidos/montados originando um colchão.

A montagem do colchão é efetuada com a cola quente e/ou agrafagem e posterior fecho, com recurso a uma fita diagonal de 35 a 40 mm com diversas cores, dependendo do modelo (Figura 17 A). A costura do colchão é efetuada com o auxílio da mesma fita diagonal garantindo que os dois tampos ficam unidos por costura e rematados com a mesma fita diagonal (Figura 17 B e C).

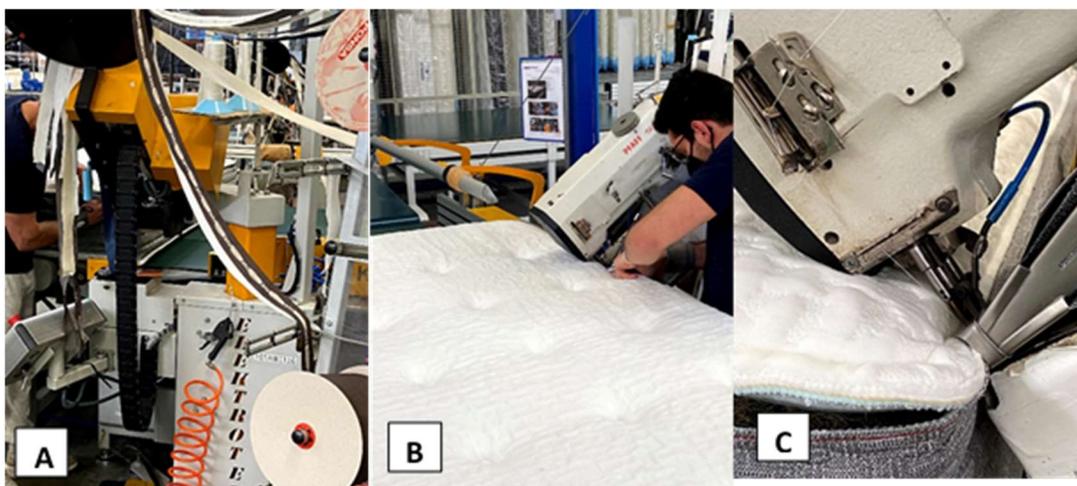
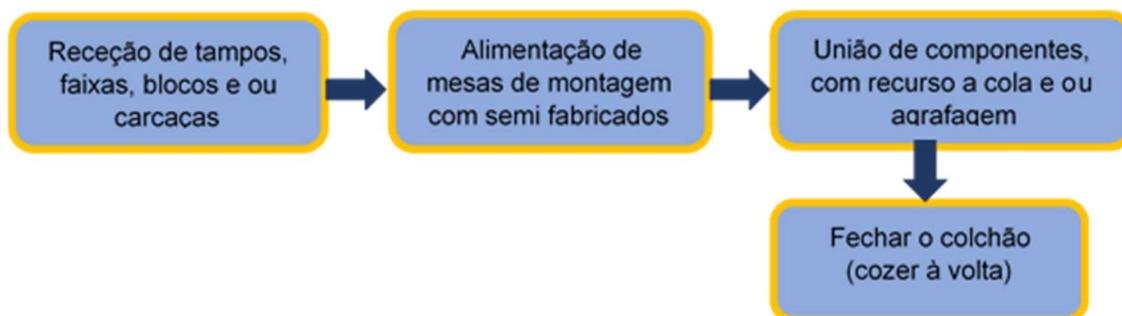


FIGURA 17 - FECHO DO COLCHÃO COM FITAS DE DIVERSAS CORES (IMAGEM A) E AGRAFAGEM FINAL (IMAGEM B E C)

O seguinte fluxograma resume de forma sucinta as principais operações deste processo:



### 3.2.6. Setor/ Processo Inspeção

Nesta secção os colchões passam por uma inspeção minuciosa, onde é realizada a supervisão do produto como um todo. Nesta etapa, procede-se, também, a pequenas retificações e/ou encaminhamento para correções de maior dimensão, se necessário. Após a verificação os colchões seguem para o embalamento.



FIGURA 18 – SETOR DE INSPEÇÃO

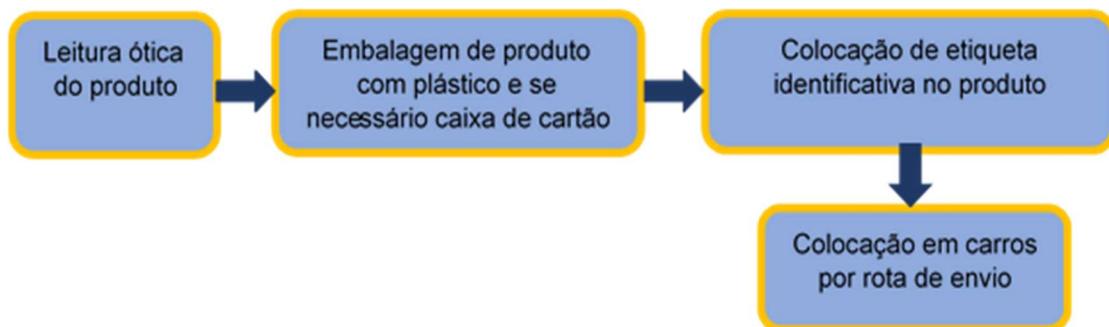
### 3.2.7. Sector / Processo Embalagem

No processo de embalagem, os colchões são envoltos em plástico numa máquina, de forma automatizada e, mediante o destino, poderão ser embalados em caixa de cartão. Após o processo de embalagem são identificados de forma automática e armazenados no armazém de produto terminado.



FIGURA 19 – PROCESSO DE EMBALAGEM

O seguinte fluxograma apresenta as principais operações deste processo:



### 3.2.8. Sector / Processo Armazém de Produto Terminado e Mercadorias

Nesta secção, os colchões ficam em stock na empresa onde lhes é atribuída uma rota nacional ou internacional, até ao destino final. Caso apresentem rotas diretas são expedidos para essas mesmas rotas, em menos de 24 horas após a sua fabricação.

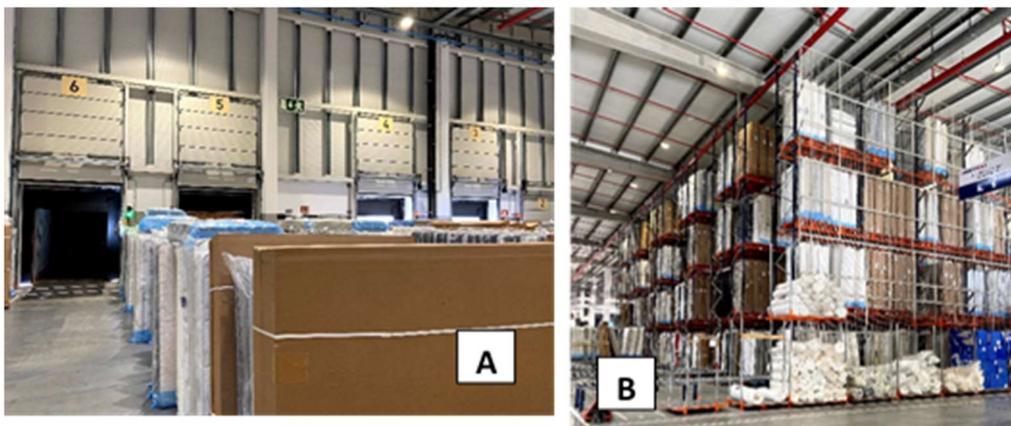


FIGURA 20 - COLOCAÇÃO POR ROTA DE ENVIO (IMAGEM A) E DISPOSTO EM STOCK (IMAGEM B)

### 3.3. Avaliação do sistema de gestão ambiental

A Molaflex assume um compromisso com o bem-estar das comunidades em que se integra, através da implementação de uma política sustentada na responsabilidade social, ambiental e de promoção da economia portuguesa. A integração das questões ambientais nos sistemas de gestão das organizações assegura a otimização na utilização dos recursos naturais, a proteção do meio ambiente e a redução da poluição, pela gestão do impacto das suas atividades.

A empresa apresenta como norma de referência a NP EN ISO 14001:2015, que constitui uma ferramenta essencial para alcançar a confiança acrescida por parte dos clientes, colaboradores, comunidade envolvente e sociedade, através da demonstração do compromisso voluntário com a melhoria contínua do seu desempenho ambiental.

Desta forma, a Molaflex é uma empresa certificada, com um sistema de gestão bem implementado, e que define metodologias para identificar os aspetos ambientais das atividades, produtos e serviços da empresa e desses determinar os que têm ou podem ter impacto(s) significativo(s) sobre o ambiente.

#### 3.3.1. Tipologias de resíduos produzidos por secção

Na Figura 21 encontram-se discriminados os resíduos que podem ser gerados em cada secção do processo produtivo, de forma generalizada.

Setor / Processo Matérias-Primas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resíduos de cartão;</li> <li>• Resíduos de plástico;</li> <li>• Resíduos indiferenciados.</li> </ul>
Setor/ Processo de Carcaças	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resíduos de sucata metálica;</li> <li>• Desperdícios contaminados;</li> <li>• Resíduos de cartão;</li> <li>• Resíduos de plástico;</li> <li>• Resíduos indiferenciados;</li> <li>• Resíduos de fibra têxtil;</li> <li>• Óleos usados.</li> </ul>
Setor/ Processo de Acolchoados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latas de Spray;</li> <li>• Resíduos de fibra têxtil.</li> </ul>
Setor/ Processos de Faixas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Latas de Spray;</li> <li>• Resíduos de fibra têxtil.</li> </ul>
Setor/ Processos de Inspeção	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resíduos “colchões - monstros”.</li> </ul>
Setor/ Processo de Montagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resíduos de fibra têxtil;</li> <li>• Resíduos de Papel e Cartão;</li> <li>• Resíduos de Plástico;</li> <li>• Resíduos Indiferenciados;</li> <li>• Latas de Spray;</li> <li>• Resíduos “colchões - monstros”.</li> </ul>
Setor/ Processos de Embalagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resíduos de fibra têxtil;</li> <li>• Resíduos de Papel e Cartão;</li> <li>• Resíduos de Plástico;</li> <li>• Resíduos Indiferenciados;</li> <li>• Latas de Spray;</li> <li>• Resíduos “colchões - monstros”.</li> </ul>

FIGURA 21 - RESÍDUOS GERADOS POR CADA SECÇÃO

Em cada secção existem contentores para a recolha dos resíduos gerados na respetiva secção. Todavia podem não corresponder à realidade de resíduos efetivamente produzidos, uma vez que pode ocorrer a colocação incorreta num determinado contentor.

No Anexo A1 pode observar-se o posicionamento dos contentores, nas respetivas secções.

### **3.3.2.Recolha e transporte interno de resíduos**

A recolha dos resíduos é efetuada diariamente, 4 vezes ao dia, por colaboradores da Molaflex. São realizados 2 circuitos por toda a instalação.

Antes de iniciar a recolha é feita uma inspeção visual aos contentores de resíduos existentes em todas as secções no sentido de observar quais as secções que apresentam maior quantidade de resíduos. O circuito de recolha tem início, tendo em conta essas mesmas quantidades, dando prioridade aos que se encontram visualmente mais preenchidos. No caso das madeiras, a recolha é efetuada “dia sim, dia não”. De referir, ainda, que os feltros são recolhidos apenas duas vezes ao dia. Relativamente aos resíduos sólidos indiferenciados, a recolha é feita pelas funcionárias da limpeza, que encaminham os resíduos, diretamente, para o pequeno ecocentro da empresa.

No caso particular do circuito R1 (no Anexo B1 são apresentados os dois circuitos de recolha), este inicia a recolha na secção dos acolchoados, seguindo depois para a secção de montagem, secção de faixas e secção de corte. De seguida segue para a secção de embalagem, depois para a secção de carcaças, para a secção de bases, para a secção de reparações, para a secção de matérias-primas e, por fim, para a secção de armazenamento de produto terminado.

O circuito R2 difere do R1, inicia também a recolha na secção dos acolchoados, devido à enorme quantidade de resíduos têxteis produzidos nesta secção. Segue, por norma, para a secção de bases e de seguida para a secção de matérias-primas ou para a secção de armazenamento de matérias-primas e depois para a secção de bases, dependendo qual delas contenha mais resíduos. De seguida passa pela secção de corte, secção de faixas, secção de montagem, de carcaças, de reparações, de embalagem e, por fim, a secção de armazenamento de produto terminado.

O transporte dos resíduos desde o local onde são produzidos até ao ecocentro é feito por um empilhador, apresentado na seguinte Figura 22.



FIGURA 22 - MEIO DE TRANSPORTE INTERNO DE RESÍDUOS (EMPILHADOR)

A Molaflex possui um ecocentro (Figura 23), onde são armazenados todos os resíduos recolhidos internamente. Os resíduos são colocados em contentores de capacidade 35 m<sup>3</sup> posteriormente são recolhidos por uma empresa subcontratada, a Limpária. Esta realiza a recolha diária dos resíduos têxteis, mais especificamente, das espumas sendo os restantes resíduos recolhidos “dia sim, dia não”.



FIGURA 23 – ECOCENTRO

O ecocentro apresenta um contentor para resíduos indiferenciados (espumas molhadas, pó da trituradora e resíduos comuns), um contentor para resíduos têxteis, um

contentor para plástico e cartão com um compactador incorporado, um contentor para monstros (colchões de retoma), um contentor para madeiras e dois contentores para contaminados. De salientar, por fim, que, excepcionalmente, os resíduos provenientes da sucata entram no circuito interno de recolha, mas o seu contentor está, por questões logísticas, fora do ecocentro e encontra-se na secção das carcaças (Figura 24).



FIGURA 24 – CONTENTOR PARA COLOCAR A SUCATA

### 3.3.3. Quantidade de resíduos produzidos

A produção de colchões na Molaflex, nos últimos dois anos, 2019 e 2020, tem vindo a diminuir, devido ao período pandémico que se atravessa e à aplicação de medidas que promovem essa diminuição, o que, por conseguinte, apresenta um grande impacto ao nível da quantidade total de resíduos produzidos verificando-se um decréscimo, comparativamente ao período de 2015 a 2018, como se pode observar no Figura 25.

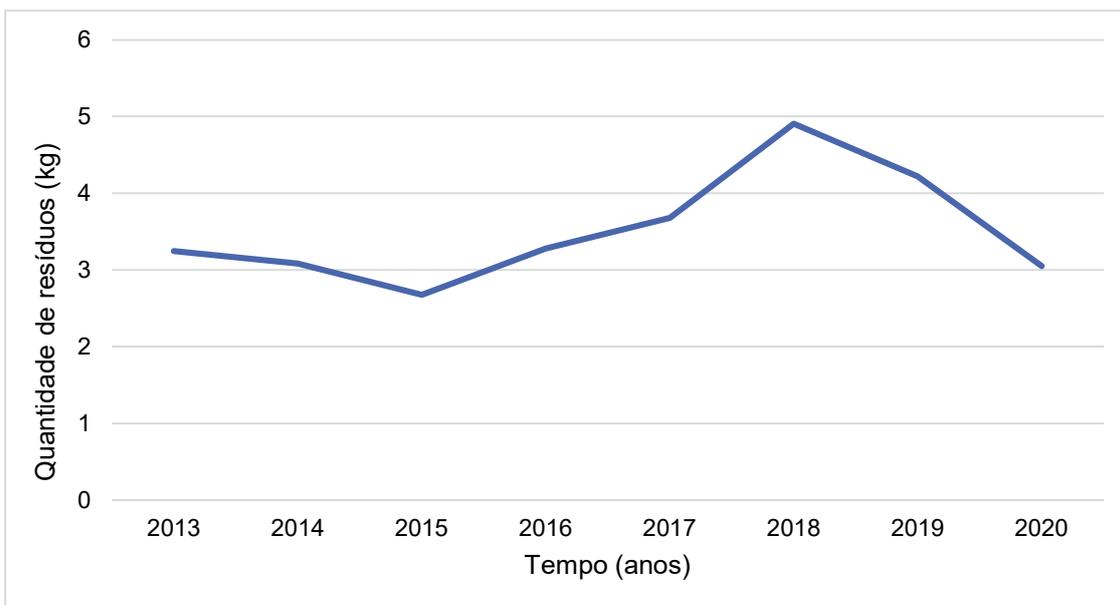


FIGURA 25 - QUANTIDADE DE RESÍDUOS POR COLCHÃO PRODUZIDO, DE 2013 A 2020

A tipologia de resíduos gerada em maior quantidade é, sem dúvida, a dos resíduos de fibras têxteis, que em 2020 sofreu um decréscimo de cerca de 6%, comparativamente a 2019.

Os resíduos de sucatas metálicas e de plástico sofreram um ligeiro decréscimo, em 2020, comparativamente a 2019. No entanto, desde 2013 nunca se tinham registado quantidades de resíduos de sucatas metálicas tão elevados como em 2019. Os resíduos de plástico apresentaram valores mais ou menos contantes, no período de 2013 a 2020. Por outro lado, os resíduos de cartão apresentam um crescimento exponencial no período de 2017 a 2020, tendo atingido o seu pico em 2020. Na Figura 26 encontram-se as quantidades de resíduos produzidas anualmente entre 2013 e 2020.

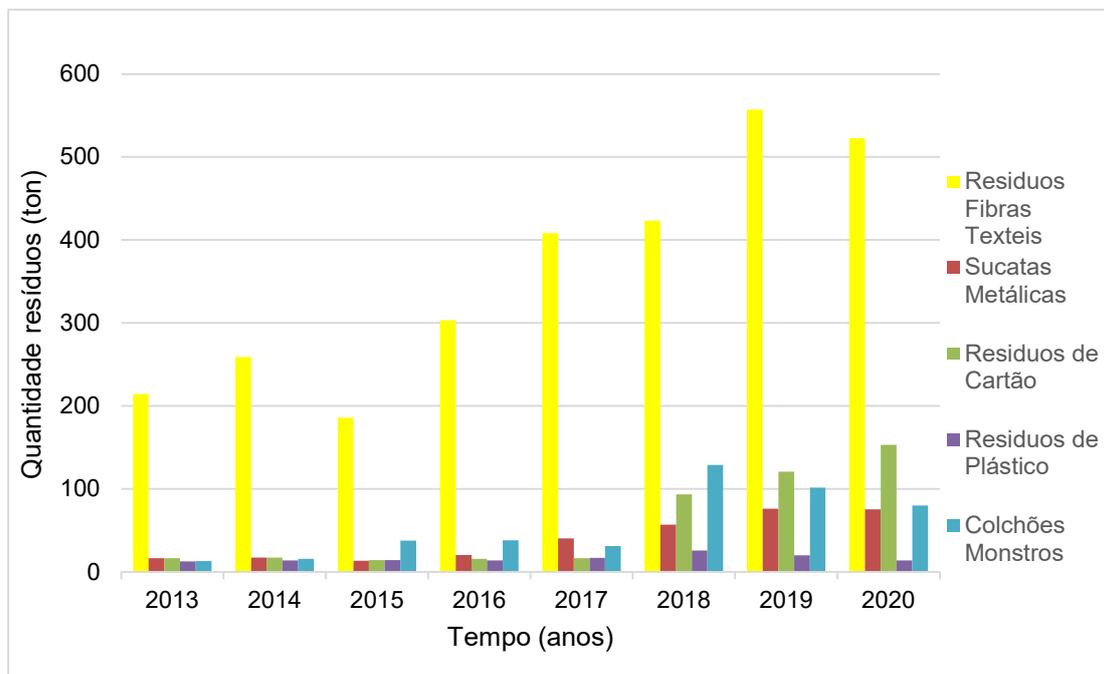


FIGURA 26 - QUANTIDADE TOTAL DE RESÍDUOS GERADOS NA MOLAFLEX ENTRE 2013 A 2020

### 3.4. Valorização dos resíduos têxteis pela Molaflex

A Molaflex procede à valorização de parte dos resíduos têxteis gerados no processo de fabrico dos colchões, mas apenas 20% desses resíduos é que são valorizados e nem todo o tipo de fibra têxtil gerada no processo produtivo é processada.

A empresa apresenta uma máquina trituradora (Figura 27A) que realiza a trituração apenas de tampos, compostos por 61% de poliéster e 39% de polipropileno. Devido a limitações, em termos de quantidades e local da alimentação (só permite alimentação de material de baixa espessura), da própria máquina, esta, apenas, tem capacidade para triturar tampos. O material processado resultante (Figura 27B) é incorporado na produção de acolchoados, juntamente com fibra de algodão (Figura 27C e D). No entanto, a percentagem de fibra de algodão utilizada é muito elevada e bastante superior à percentagem de triturado.

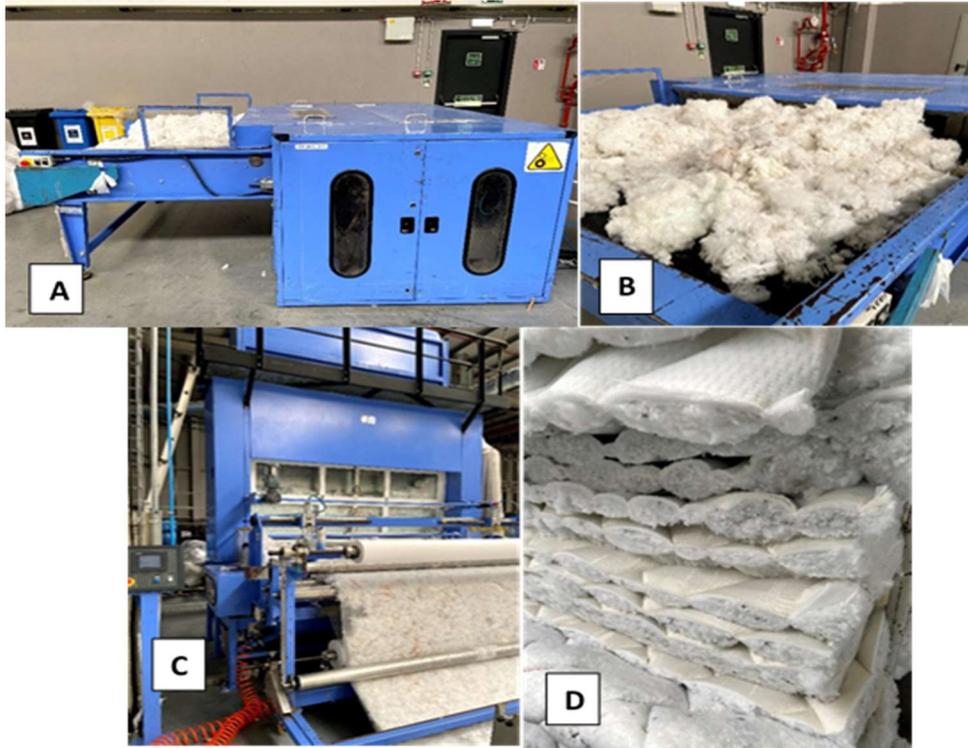


FIGURA 27 - (A) - MÁQUINA TRITURADORA; (B) – TRITURADO; (C) - MÁQUINA DE PRODUÇÃO DE ENCHIMENTO DE ACOLCHOADOS; (D) – VÁRIOS ACOLCHOADOS

De realçar que, a Molaflex reaproveita, ainda, os tampos de maiores dimensões, que apresentem algum defeito, para produzir tampos de dimensões inferiores.

Recentemente, a empresa está a desenvolver uma parceria com uma empresa que produz fibras têxteis a partir de resíduos têxteis de pré e pós-consumo – Sasia, e a Pastofo, empresa que reaproveita restos de tecidos e desperdícios têxteis para a produção de feltros. O projeto entre as empresas consistirá, numa primeira fase, na prensagem dos desperdícios têxteis pela Molaflex, estes serão posteriormente enviados para a Sasia onde serão triturados, enquanto não adquirem uma máquina para triturar todo o volume. De seguida, este material triturado segue para a Pastofo que, subsequentemente, produz o feltro a um preço mais competitivo à Molaflex.

## 4. Metodologia

### 4.1. Propostas de melhoria na gestão de resíduos

#### 4.1.1. Triagem – Etiquetas

Uma das problemáticas observadas, transversal a todas as secções, foi a incorreta separação dos resíduos plásticos, resíduos metálicos, resíduos têxteis e resíduos de cartão por parte dos colaboradores, originando a contaminação de uma tipologia de resíduos por outra tipologia como é possível observar na Figura 28.

Alguns dos motivos da incorreta separação poderão estar associados à falta de conhecimento por parte dos colaboradores, à semelhança de etiquetas, principalmente, dos contaminados e do “lixo comum” e à reduzida visibilidade da identificação do tipo de resíduo, como é visível na Figura 28.



FIGURA 28 - CONTENTORES DE RESÍDUOS TÊXTEIS, PLÁSTICO E CARTÃO (ESQUERDA PARA A DIREITA) SEM IDENTIFICAÇÃO

De forma a melhorar o processo de separação dos resíduos, foram emitidas e colocadas novas etiquetas, em todos os contentores.

#### **4.1.2. Triagem – colocação de contentores**

Outra das problemáticas encontradas foi a falta de contentores em algumas das secções e no circuito da parte exterior da empresa, bem como a excessiva utilização de sacos plásticos para a triagem dos resíduos. Foi, então, necessário a colocação de alguns contentores.

#### **4.2. Separação granulométrica**

De forma a entender as demais utilidades do processado resultante da trituração realizada na Molaflex, recolheram-se algumas amostras para avaliar a granulometria dos resíduos triturados. Todavia, a gramagem era tão reduzida e fibrosa que não foi possível fazer a separação deste triturado, como é possível observar ela Figura 29.



FIGURA 29 - PROCESSADO QUE RESULTA DA TRITURAÇÃO COM ALGODÃO  
(ENCHIMENTO UTILIZADO PARA OS ACOLCHOADOS)

Recentemente, a Molaflex tem realizado alguns ensaios de trituração, numa empresa externa, dos ensaios realizados retirou-se uma amostra representativa (de 1190 miligramas) para efetuar uma análise granulométrica.

#### **4.3. Ensaios de otimização do processo de moagem dos resíduos têxteis**

No sentido de otimizar o processo de moagem existente na Molaflex e avaliar a granulometria mais adequada de modo a reduzir a percentagem de fibra de algodão

incorporada no enchimento de tampos, foram realizados ensaios em 3 moinhos usando crivos de diferentes calibres. O material testado consistiu em: espumas, material composto, essencialmente, por poliéster, de duas densidades (Espuma D25 e Espuma D20) e, um tampo de colchão, com composição à base de TNT (Tecido Não Tecido) 30, visco, Poliéster de 9 e tecido Trech.

Para proceder aos ensaios foram usados os resíduos de maior representação e classificados como resíduos têxteis no código LER (040222), existentes na empresa Molaflex.

As espumas foram trituradas recorrendo a um moinho de corte com um crivo de 2 cm (Figura 30A) e um moinho (Figura 30B) com um crivo de 3 mm.

O tampo foi triturado num moinho de corte (Figura 30B) com três crivos de diferentes malhas, um, de maior dimensão, com 8 mm e os outros dois, de menor dimensão, com 3 e 4 mm. Para este material testou-se, também noutra moinho de corte, Figura 30(A), com um crivo de 2 cm. Para o tampo, ainda se utilizou um “moinho de espigas”, representado na Figura 30(C), com um crivo de 8 mm.

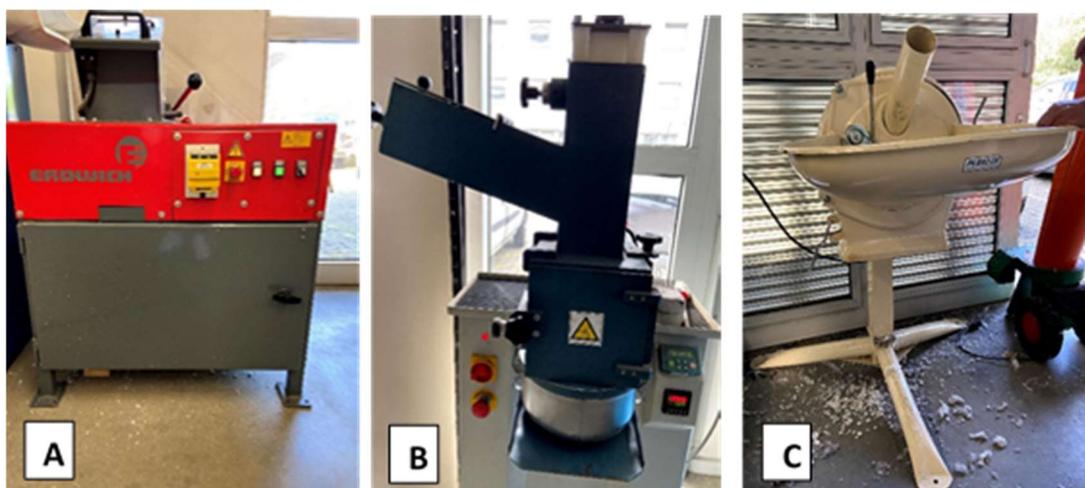


FIGURA 30 - OS DIFERENTES MOINHOS UTILIZADOS

#### **4.4. Ensaio de incorporação dos resíduos têxteis moídos em tampos**

Com o objetivo de avaliar a granulometria e as características ideais de modo a reduzir a quantidade de fibra algodão utilizada para o enchimento de tampos e a

viabilidade de usar desperdícios têxteis moídos na composição de um tampo de um colchão, foram realizados ensaios ao material triturado.

#### 4.4.1. Otimização da granulometria

Foram obtidas e testadas 8 amostras de resíduo triturado, provenientes de resíduos que foram previamente selecionadas em função do seu volume de existência/disponibilidade em fabrico.

Os ensaios apresentam as seguintes características:

- **Ensaio X1:** ensaio efetuado com triturado de **espuma**, com crivo de **2 cm**, e fibra de algodão.
- **Ensaio X2:** ensaio efetuado com triturado de um **tampo**, com crivo de **3 mm**, e fibra de algodão.
- **Ensaio X3:** ensaio efetuado com triturado de um **tampo**, com crivo de **4 mm**, e fibra de algodão.
- **Ensaio X4:** ensaio efetuado com triturado de **espuma**, com crivo de **3 mm**, e fibra de algodão.
- **Ensaio X5:** ensaio efetuado com triturado de **espuma e tampo**, com de **2 cm** para a espuma e **4 mm** para o tampo, e fibra de algodão.
- **Ensaio X6:** ensaio efetuado com triturado de **tampo**, com crivo de **8 mm**, e fibra de algodão.
- **Ensaio X7:** ensaio efetuado com recurso triturado de um **tampo**, triturado em Moinho Externo Industrial, com crivo de **5 cm**, e fibra de algodão
- **Ensaio X8:** ensaio efetuado com triturado de um **tampo**, com crivo de **2 cm** e fibra de algodão.

Para a elaboração dos diferentes ensaios utilizou-se um tampo com o triturado da máquina que possui, atualmente, a empresa e foram recortados 8 fragmentos do mesmo. Desses 8 fragmentos retirou-se parte do enchimento, substituindo-o pelas amostras trituradas, com diferentes granulometrias com fibra de algodão, que funciona como um ligante. Por fim, todos os fragmentos foram costurados nos bordos, para verificar a dificuldade ou não na costura do material.

Realizaram-se, ainda, testes à permeabilidade do TNT, com o intuito de verificar a passagem ou não das partículas de pó que são libertadas. Neste teste colocou-se uma pequena porção de cada um dos ensaios referidos, anteriormente, numas pequenas bolsas de TNT, como se pode observar na Figura 31, e agitou-se sobre uma

superfície escura cada uma delas observando se permaneciam vestígios de pó sobre essa superfície.



FIGURA 31 - BOLSAS TNT COM OS 8 ENSAIOS

Por fim, foram realizados ensaios preliminares de dureza Shore, que se encontram representados no Anexo D – Figura D1, utilizando um durômetro (representado na Figura 32). O equipamento disponível na FEUP apenas mede a dureza Shore-D, apropriado para medir a dureza de materiais sintéticos, plásticos rígidos, resinas sintéticas, entre outros. No entanto, o material onde foram realizados os testes é um material mole, sendo mais adequado utilizar o Shore-A.



FIGURA 32 - DURÓMETRO

#### **4.4.2.Otimização da percentagem de incorporação de resíduos**

Foram realizados 6 ensaios com as seguintes percentagens de resíduo têxtil e de fibra de algodão: 20% e 80%; 25% e 75%; 30% e 70%; 35% e 65%; 40% e 60%; 50% e 50%, respetivamente.

Para a elaboração dos ensaios utilizou-se um tampo com o triturado da máquina que possui, atualmente, a empresa e foram recortados 6 fragmentos do mesmo. Desses 6 fragmentos retirou-se parte do enchimento e substituiu-se pelo triturado, tendo o cuidado de selecionar uma zona semelhante em todos eles. Para uma correta comparação dos ensaios, foi tido em atenção, que a quantidade total (algodão mais resíduos têxteis) deveria ser igual em todos eles. Para finalizar, todos as frações foram costuradas nos bordos, para verificar a dificuldade ou não na costura do material.

Realizaram-se, ainda, ensaios preliminares de dureza Shore, que se encontram representados no Anexo D – Figura D2.

## 5. Resultados e Discussão

### 5.1. Propostas de melhoria

#### 5.1.1. Triagem – Etiquetas

De forma a melhorar o processo de separação dos resíduos, foram emitidas e colocadas novas etiquetas, em todos os contentores.

De modo a serem mais visíveis e fáceis de separar, foi colocado nas etiquetas a identificação dos resíduos e o respetivo código LER. Foram também alteradas as cores das etiquetas de alguns resíduos, como por exemplo a etiqueta dos “contaminados” que era branca e passou a vermelha e a dos “resíduos têxteis” que era azul e passou a verde com tonalidade mais clara, pois em alguns casos gerava alguma imprecisão (no Anexo C1 são apresentadas as respetivas etiquetas). Na Figura 33 é possível observar os contentores com as novas etiquetas.



FIGURA 33 - APLICAÇÃO DAS NOVAS ETIQUETAS NOS CONTENTORES

### 5.1.2. Triagem – colocação de contentores

De forma a colmatar a falta de contentores e a excessiva utilização de sacos plásticos foram adquiridos e colocados mais 84 novos contentores ao longo da instalação fabril: 40 contentores de 60 Litros (L) para a recolha de resíduos indiferenciado, 18 contentores de 60 L para o papel e cartão, 18 contentores de 60 L para o plástico, 3 contentores de 120 L para o papel e cartão, 3 contentores de 120 L para o plástico e 2 de 120 L para resíduos indiferenciados. Na Figura 34 pode observar-se alguns dos novos contentores colocados na instalação fabril.

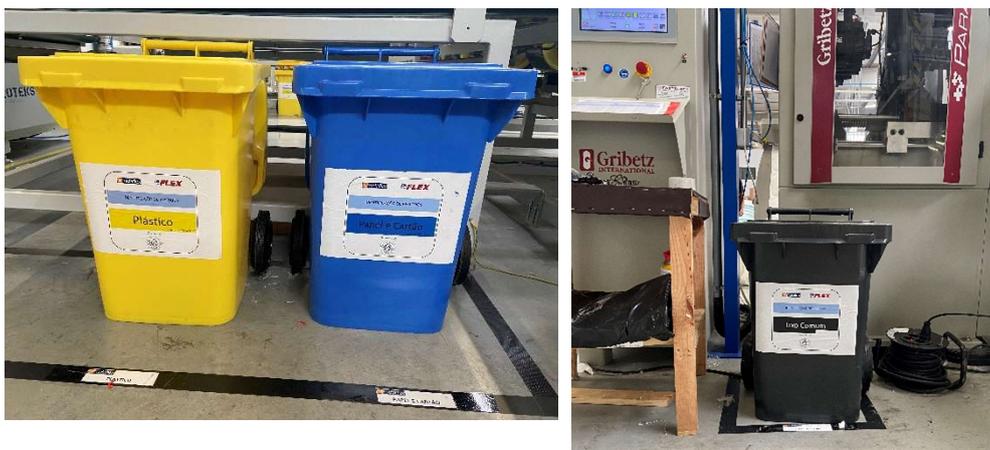


FIGURA 34 - NOVOS CONTENTORES COLOCADOS

Ao longo das visitas à Molaflex foram discutidas outras das problemáticas observadas no âmbito da recolha e deposição dos resíduos, que, todavia, não foram possíveis de serem implementadas melhorias nesse campo.

Desta forma, sugeriu-se a aquisição de um novo empilhador compartimentado no sentido de otimizar a recolha dos resíduos por secção. Este veículo permitiria uma diminuição do número de viagens que são efetuadas à mesma secção, transportando mais do que uma tipologia de resíduo sem se verificar contaminação, aumentando assim a eficiência da recolha.

Outras das problemáticas observadas foi a deposição, no ecocentro, do plástico e do papel e cartão no mesmo contentor, embora no interior da empresa se realiza a separação das duas tipologias. Apesar de ser um pedido da empresa que realiza a recolha, é uma prática errada, uma vez que cada vez mais se incentiva à separação e assim evitava uma nova triagem na empresa responsável pela recolha de resíduos.

Por fim, no seguimento dos pontos referidos no subcapítulo 4.1.1., uma das melhorias que deveria ser realizada para facilitar a triagem dos resíduos contaminados e do “lixo comum” é a alteração da cor dos contentores, visto que a cor é igual, o que poderá confundir os colaboradores. Assim, de modo a melhorar a separação dos resíduos das categorias referidas, poderia optar-se por colocar o contentor dos contaminados a preto e o contentor do “lixo comum” permanecer a preto.

## 5.2. Separação Granulométrica

Na Figura 35 encontra-se o resultado da análise granulométrica efetuada às amostras moídas numa empresa externa à Molaflex.

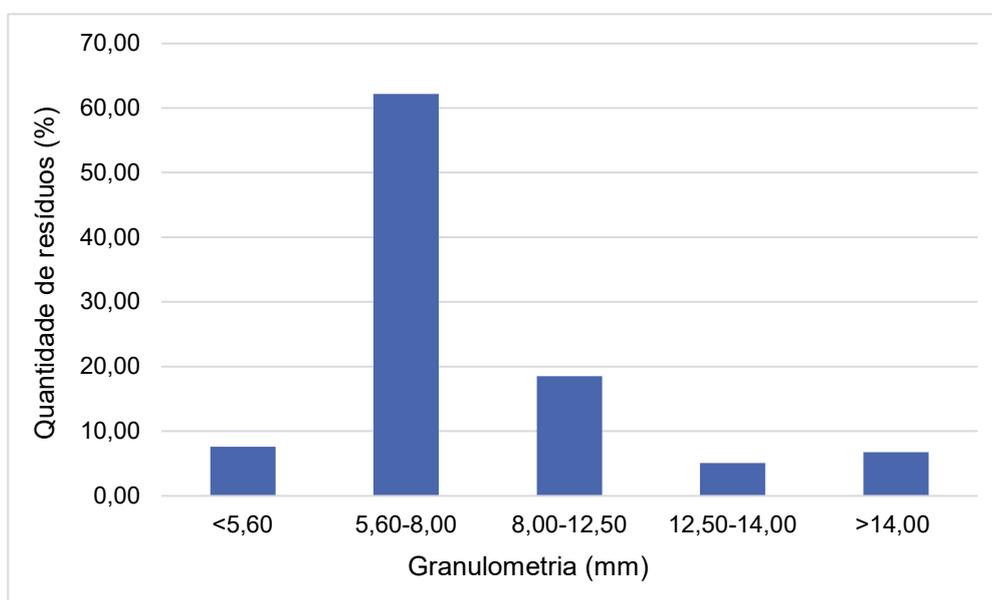


FIGURA 35 - PERCENTAGEM DE RESÍDUOS PRESENTES NAS DIFERENTES GRANULOMETRIAS

Verifica-se que existe uma maior percentagem de resíduo têxtil entre a granulometria de 5,60 mm e 8,00 mm e menor percentagem na granulometria entre 12,50 mm e 14,00 mm. De salientar que nas granulometrias superiores a 8,00 mm o tipo de resíduo têxtil que se observa na Figura 36(A, B e C) constituído essencialmente por espumas, na granulometria 5,60 – 8,00 mm existem espumas e têxteis (Figura 36D) e na granulometria de tamanho inferior a 5,60 mm parece conter apenas resíduos têxteis de fibra de algodão (Figura 36E).

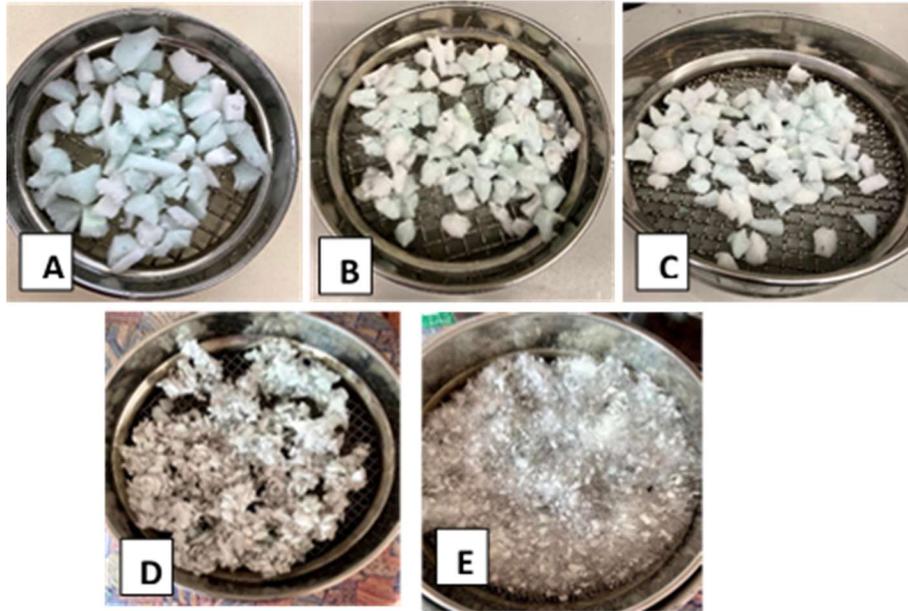


FIGURA 36 - RESÍDUO TÊXTIL RETIDO EM CADA CRIVO

### 5.3. Ensaio de incorporação dos resíduos têxteis moídos em tampos

Na Figura 37, pode-se observar algumas das amostras de espuma e de tampo moídos, e preparados para serem testados.



FIGURA 37 - A) – TAMPO TRITURADO; (B) – ESPUMAS TRITURADAS

### 5.3.1. Otimização da granulometria

Após efetuar o enchimento dos tampos com os diferentes ensaios, percebe-se empiricamente que o triturado produzido no enchimento dos tampos, confere-lhes, um aspeto regular, pelo que em nada retira qualidade visual a cada um dos tampos, como se pode verificar nas Figuras 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44 e 45.

Com exceção do ensaio X7 (tampo triturado com granulometria de 5 cm), que apresenta um aspeto aparentemente grosseiro pela sua dimensão, todos os ensaios apresentam um aspeto bastante homogéneo, denotando-se, apenas, a libertação de um pó fino na sua produção, decorrente do processo de trituração.

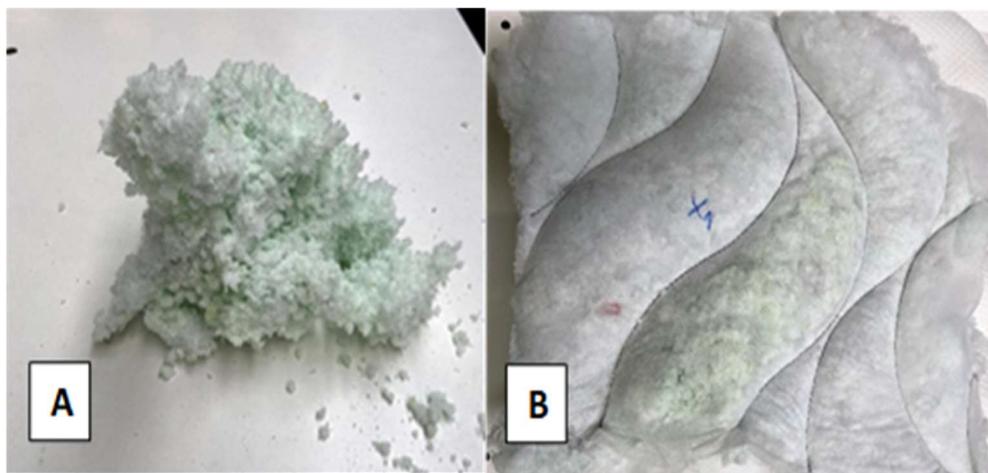


FIGURA 38 - ENSAIO X1: (A) - TRITURADO COM FIBRA DE ALGODÃO; (B) - TRITURADO COLOCADO COMO ENCHIMENTO

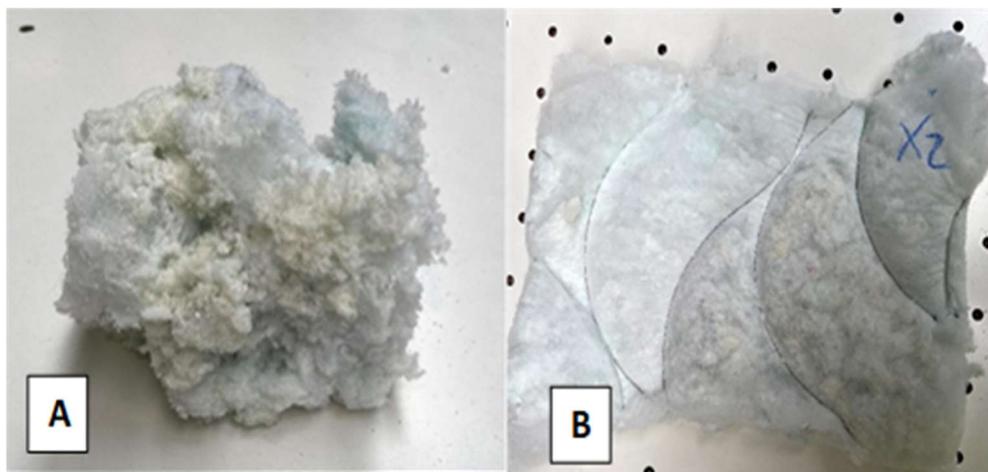


FIGURA 39 - ENSAIO X2: (A) - TRITURADO COM FIBRA DE ALGODÃO; (B) - TRITURADO COLOCADO COMO ENCHIMENTO

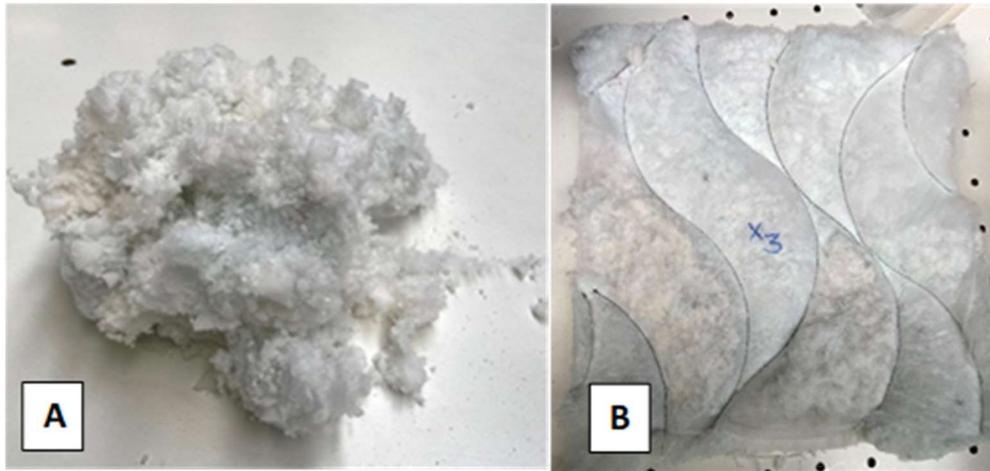


FIGURA 41 - ENSAIO X3: (A) - TRITURADO COM FIBRA DE ALGODÃO; (B) - TRITURADO COLOCADO COMO ENCHIMENTO

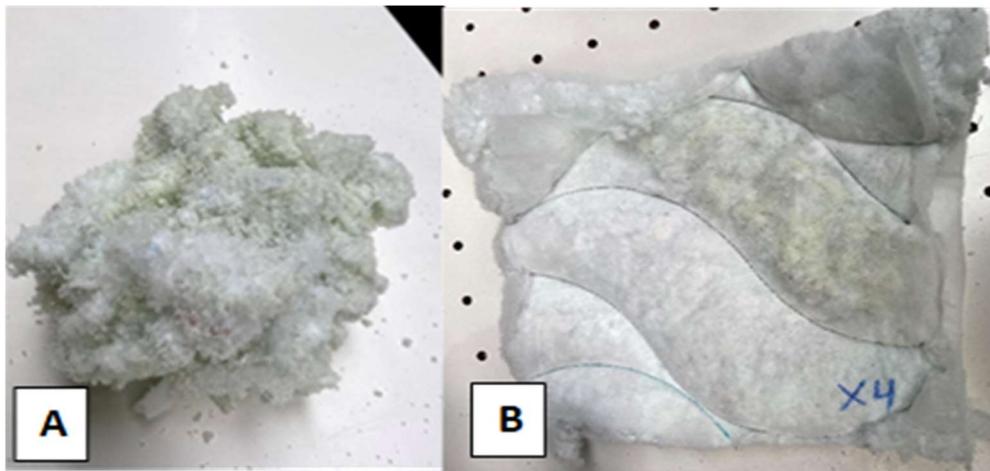


FIGURA 40 - ENSAIO X4: (A) - TRITURADO COM FIBRA DE ALGODÃO; (B) - TRITURADO COLOCADO COMO ENCHIMENTO

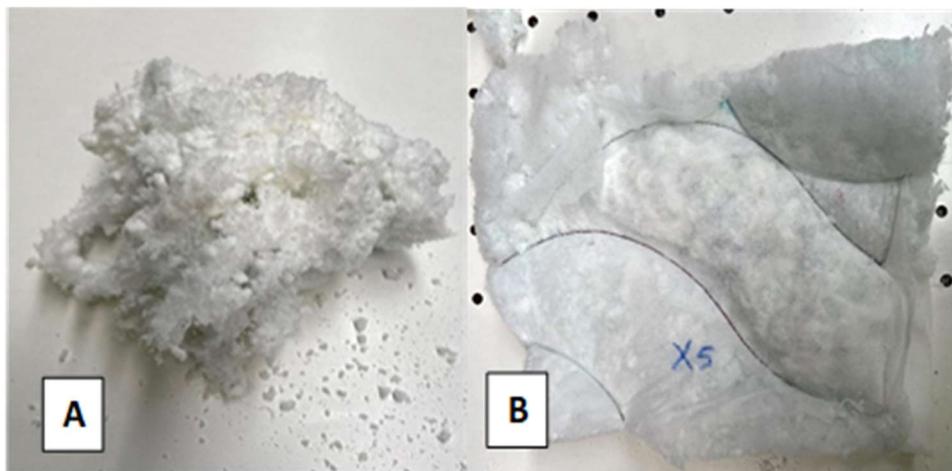


FIGURA 42 - ENSAIO X5: (A) - TRITURADO COM FIBRA DE ALGODÃO; (B) - TRITURADO COLOCADO COMO ENCHIMENTO

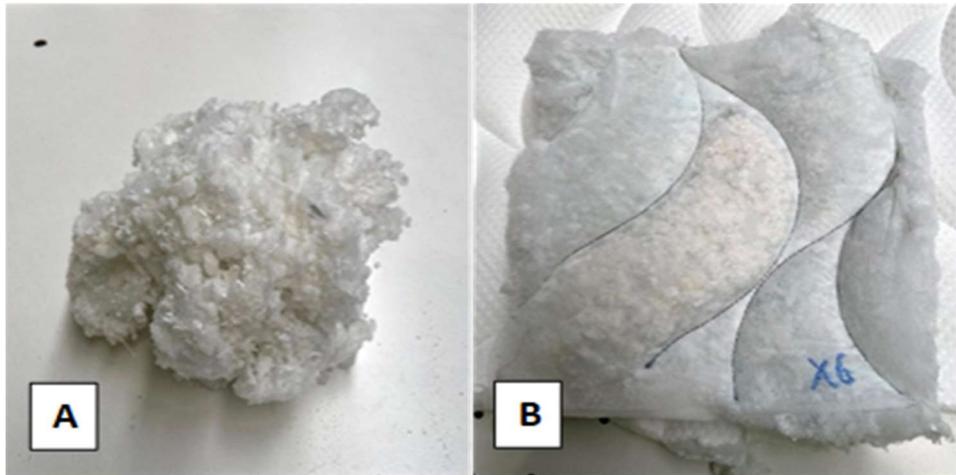


FIGURA 43 - ENSAIO X6: (A) - TRITURADO COM FIBRA DE ALGODÃO; (B) - TRITURADO COLOCADO COMO ENCHIMENTO

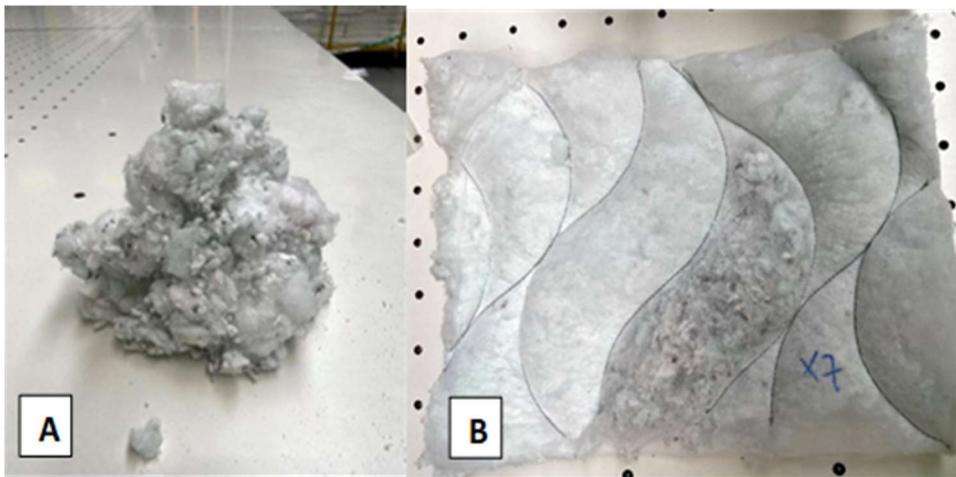


FIGURA 44 - ENSAIO X7: (A) - TRITURADO COM FIBRA DE ALGODÃO; (B) - TRITURADO COLOCADO COMO ENCHIMENTO

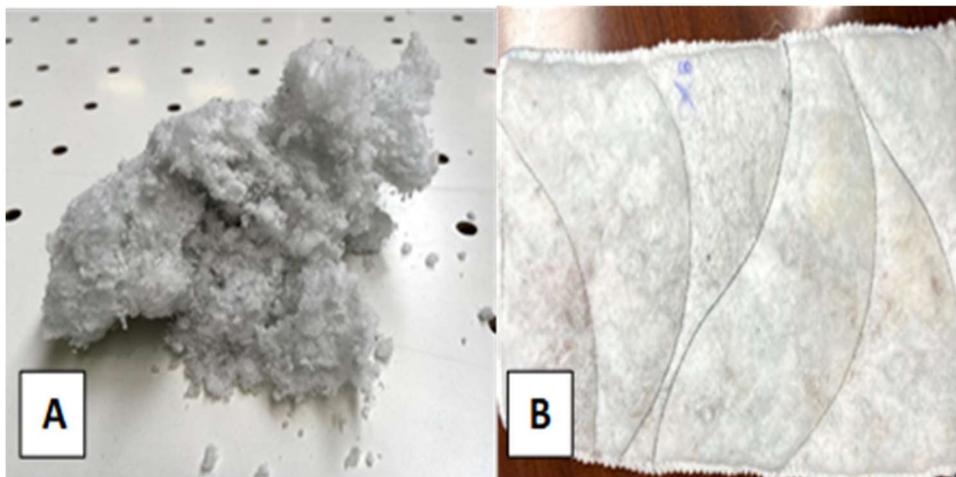


FIGURA 45 - ENSAIO X8: (A) - TRITURADO COM FIBRA DE ALGODÃO; (B) - TRITURADO COLOCADO COMO ENCHIMENTO

Nos ensaios X2 e X3 (tampo triturado de granulometria de 3 e 4 mm, respectivamente), ao toque superficial não se denota a diferença entre o enchimento existente e o efetuado com ambas as amostras do ensaio. Por sua vez nos ensaios realizados com a espuma triturada, ensaios X1 e X4 (espuma triturada de granulometria 2 cm e 3 mm, respectivamente), ao toque superficial, denota-se ligeira rugosidade. Nos restantes ensaios, X5, X6, X7 e X8, correspondentes aos resíduos de granulometrias maiores, quando sujeitos ao toque superficial apercebe-se de um aumento ligeiro de tensão superficial no tampo de amostra referência. A amostra considerada referência corresponde ao tampo produzido, atualmente na Molaflex com os resíduos triturados no equipamento da empresa. De todos os ensaios realizados, o que confere características mais similares à amostra referência é o ensaio que compreende a granulometria de 2 cm intercalada com a granulometria de 4 mm, revelando uma densidade muito próxima à amostra referência.

De realçar, também, que, com a exceção do ensaio X8 (tampo triturado com calibre de 2 cm), todos os ensaios foram bem-sucedidos na prova de costura do tampo, sendo que todos os triturados foram passíveis de serem costurados, não apresentando qualquer ponto falso e ou dificuldade dos equipamentos na sua execução. O ensaio X8 apresentou dificuldades ao nível da prova de costura, uma vez que a amostra apresentava um elevado grau de dureza em comparação com as outras. A dureza pode trazer consequências negativas ao produto no que confere à operação de acolchoamento do tampo. Material com elevada dureza pode desencadear um sobreaquecimento das agulhas e provocar pontos falsos no produto, isto é, falhas de costura e até desgaste acima do expectável das consumíveis agulhas.

Nos ensaios preliminares de dureza, apesar do Shore-D não ser o mais adequado e não ser possível converter para Shore-A, visto que os valores obtidos na Shore-D foram muito baixos, conseguimos concluir que todos os ensaios se encontram na zona extra macia/macia. Verificou-se que à medida que aumenta a granulometria dos ensaios, diminuiu a dureza. Desta forma, o ensaio X1, triturado de espuma com crivo de 2 cm mais a fibra de algodão, confirma a afirmação anterior, é o ensaio que apresenta um valor de dureza igual ao valor de referência.

Relativamente aos testes de permeabilidade, depreende-se a libertação de partículas muito finas das 2 superfícies de cobrimento efetuadas em tecido não tecido de 30 gramas, ainda que em menor quantidade no ensaio X7 (tampo triturado com calibre de 5 cm) comparativamente com os outros ensaios realizados. Destes ensaios

decorre, naturalmente, a conclusão de que, quanto maior a granulometria a que se submete o triturado, menor a quantidade de partículas libertada. Uma das soluções para este problema poderia passar por colocar duas camadas de tecido não tecido de 30 gramas ou aumentar a gramagem do tecido não tecido com o intuito de minimizar e até mesmo impedir a passagem das partículas de pó, para tornar viável a utilização deste tipo de triturado na composição de um tampo de colchão.

A quantidade libertada, de pó, decorrente do tampo, apesar de não ser significativa, não deixa de ser uma limitação de processo, pelo que o produto tem que ser hipoalergénico e não é viável que exista essa libertação de partículas para o tampo de um produto como um colchão.

### **5.3.2. Otimização da percentagem de incorporação de resíduos**

Embora as amostras moídas nos moinhos de corte apresentassem um bom desempenho no que se refere ao aspeto visual e à prova de costura, a existência de partículas muito finas obtidas em todas as granulometrias testadas dificultam o processo produtivo tornando pouco viável. No sentido de contornar este problema testou-se a moagem num “moinho de espigas”. As amostras obtidas neste moinho comparativamente às moídas no moinho de corte, apresentam (ver Figura 46) características muito semelhantes às do triturado já utilizado na Molaflex. Nesse sentido, testaram-se diferentes percentagens de incorporação de resíduos de modo a reduzir a quantidade de fibra de algodão utilizada nos enchimentos aumentando assim a quantidade de resíduos têxteis incorporados.

Os resultados demonstraram que à medida que aumenta a percentagem de resíduo têxtil incorporado mais duro se torna a amostra ao tato. De referir que é notório que a percentagem de 20% e 25% de resíduo têxtil e 80% e 75% de fibra de algodão, ensaio Y1 e Y2 respetivamente, são as que apresentam características mais semelhantes à atual incorporação dos resíduos pela Molaflex. O mesmo resultado foi obtido para o ensaio Y3, de 30% de têxtil e 70% de fibra de algodão. Um aumento de 5% a 10% poderá não ser significativo em termos visuais e de qualidade, não existe libertação excessiva de pó como se sucedeu nos ensaios anteriores, mas em termos ambientais é um grande benefício, pois diminui-se a deposição destes resíduos em aterro. Os ensaios Y4(35% de têxtil e 65% de fibra de algodão), Y5 (40% de têxtil e 60% de fibra de algodão) e Y6 (50% de têxtil e 50% de fibra de algodão) visualmente não existe qualquer tipo de alteração, todavia ao toque superficial, denota-se alguma

sensação de incremento de tensão superficial no tampo. Neste sentido, mais testes teriam de ser realizados para caminhar para uma percentagem ainda maior de resíduos têxteis incorporados.



FIGURA 46 - TRITURADO COM CRIVO DE 8 MM NO "MOINHO DE ESPIGAS"

Pode observar-se os resultados dos 6 ensaios na Figura 47.

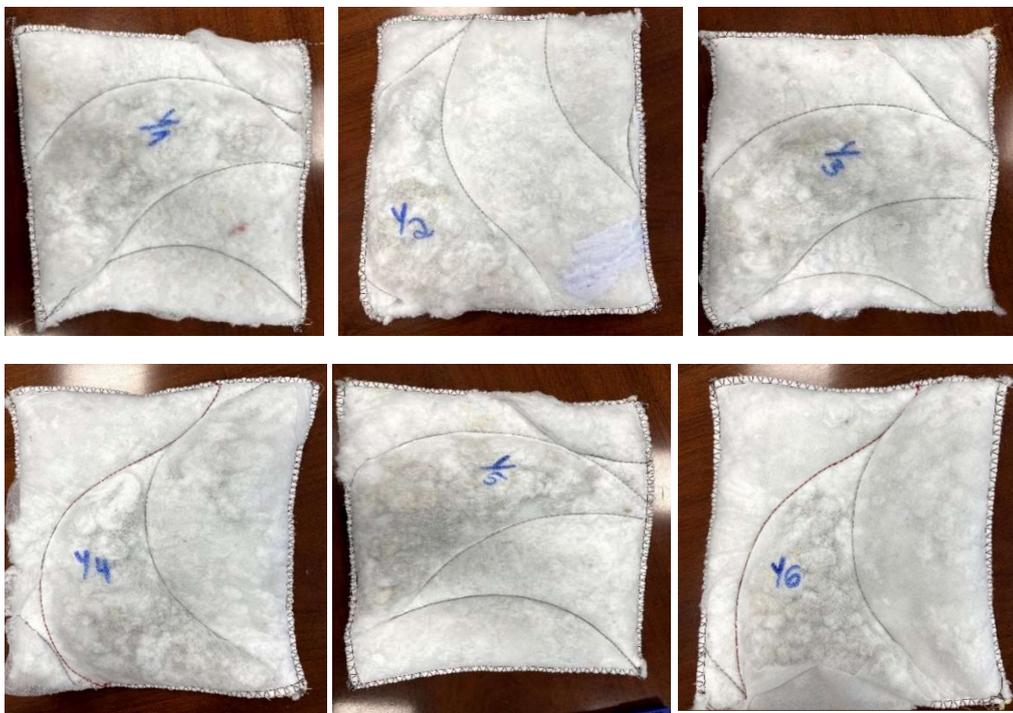


FIGURA 47 – TRITURADO COLOCADO COM DIFERENTES PERCENTAGENS, NO ENCHIMENTO

De todos os ensaios efetuados, depreende-se que a quantidade de fibra virgem a usar na composição do tampo, poderá ser efetivamente reduzida, levando esta a uma redução clara do custo de fabricação do tampo para o colchão.

Nos ensaios preliminares de dureza, apesar do Shore-D não ser o mais adequado e não ser possível converter para Shore-A, visto que os valores obtidos na Shore-D foram muito baixos, conseguimos concluir que todos os ensaios se encontram na zona extra macia/macía. Verificou-se, ainda, que à medida que a percentagem de resíduos têxteis aumenta a dureza também aumenta, o que corrobora com os ensaios ao toque.

## 6. Conclusões

Ao longo dos anos, a Molaflex tem vindo a desenvolver e, posteriormente, implementar estratégias ambientais com o intuito de melhorar o setor dos resíduos, substituindo contentores, alterando etiquetas e aumentando a percentagem de valorização dos resíduos têxteis gerados.

No que diz respeito à recolha de resíduos foi necessário proceder à colocação de novas etiquetas, que permitisse uma identificação mais fácil do tipo de resíduo a ser colocado em cada contentor e à implementação de novos contentores bem como a substituição de outros devido à excessiva utilização de sacos plásticos no processo de triagem dos resíduos. Mais sugestões de melhorias foram propostas, mas não foi possível a sua implementação devido a motivos externos e financeiros.

Tendo por base a valorização dos resíduos têxteis gerados, algumas sugestões foram discutidas e foram realizadas várias experiências no sentido de avaliar qual seria a melhor opção para melhorar a valorização existente na empresa. Durante esta avaliação verificou-se que a trituradora da Molaflex apresenta algumas limitações em termos de quantidades e local da alimentação, visto, apenas, ter a capacidade de triturar tampos. Nesse sentido, foram realizados testes para adquirir um novo equipamento que superasse as limitações da atual.

Outro ponto tido em consideração, foi o facto da empresa, apenas, utilizar 20% dos resíduos têxteis produzidos para o enchimento de novos tampos. Neste sentido, realizaram-se ensaios para avaliar a granulometria mais adequada, com o objetivo de reduzir a percentagem de fibra de algodão no enchimento de tampos e, por sua vez, aumentar a percentagem de resíduos têxteis valorizados. Nos primeiros ensaios, verificou-se que existe uma inevitável libertação de pó, derivada do tipo de moinho utilizado (moinho de corte), o que não deixa de ser uma limitação do processo, uma vez que o produto tem que ser hipoalergénico e não é viável que exista essa libertação de partículas para o tampo. Desta forma, foram pensadas algumas soluções para impedir a passagem do pó como por exemplo, a alteração da gramagem do TNT ou até a colocação de 2 camadas de TNT, ao invés de uma camada, o que poderá ser uma sugestão para futuras testagens. As amostras de resíduos têxteis que apresentaram melhor desempenho na incorporação dos tampos foram as obtidas no moinho de espigas. Sendo que as percentagens de incorporação de resíduos têxteis de 20%, 25% e 30% seriam as mais vantajosas para a empresa. O tampo não perde qualidade, não liberta pó, e traz benefícios a nível ambiental.

O aumento da percentagem de incorporação dos resíduos têxteis em tampos e consequentemente a diminuição de algodão, mesmo apenas com um incremento de 5 ou 10 %, origina uma diminuição de custos de matérias-primas e logísticos apreciáveis. Sendo que a Molaflex é uma empresa com grande potencial de utilização dos resíduos têxteis gerados, tendo capacidade para utilizar 500 toneladas / ano deste tipo de resíduos na produção de tampos.

## Referências Bibliográficas

[1] Bernardo Machado Nunes, 2017, *Evolução e Situação atual dos RSU em Portugal: Estudo de caso: comparação dos sistemas de RSU em Sintra e Münster*, <https://run.unl.pt/bitstream/10362/22036/1/Disserta%C3%A7%C3%A3oBernardoNunesRSU.pdf>

[2] Lipor, 2021, *Gestão de resíduos: Benefícios*, <https://lipor.pt/pt/residuos-conceitos-fundamentais/gestao-de-residuos-beneficios/>, acessado em 25 de fevereiro de 2021

[3] APA, 2021, *Classificação de Resíduos: Caracterização da LER*, <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=254&sub3ref=264>, acessado em 25 de fevereiro de 2021

[4] APA, 2021, *Plano Estratégico dos Resíduos Industriais (PESGRI)*, <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=108&sub3ref=208>, acessado em 25 de fevereiro de 2021

[5] Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2011-2020, Lisboa, 26 de maio de 2011

[6] Diário da República, 2021, Decreto-Lei n.º516/99, <https://dre.pt/pesquisa/-/search/626842/details/maximized>, acessado em 25 de fevereiro de 2021

[7] Instituto nacional de estatística, *Estatísticas do Ambiente 2019*, edição 2020

[8] Agência Portuguesa do Ambiente, 2020, *Resíduos*, <https://apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84>, acessado em 25 de fevereiro de 2021

[9] Decreto-Lei n.º 89/2002 - <https://dre.pt/home/-/dre/302769/details/maximized>, acessado em 25 de fevereiro de 2021

[10] Endesa, 2021, *Reciclagem: Como funciona e quais as vantagens?*, <https://www.endesa.pt/particulares/news-endesa/sustentabilidade/a-importancia-reciclagem>, acessado em 1 de março de 2021

[11] Resinorte, 2021, *Tratamento mecânico e biológico*, <https://www.resinorte.pt/pages/paginas/305/1>, acessado em 1 de março de 2021

[12] Sutco RECYCLINGTECHNIK, LM GROUP, 2021, *Tratamento mecânico e biológico (TMB)*, <https://www.sutco.de/pt/tecnologia-de-sistemas/tratamento-mecanico-biologico-de-residuos>, acessado em 1 de março de 2021

[13] Dias Joana, 2020, *Tecnologias de Tratamento de Resíduos Sólidos – Compostagem*, documentação de suporte à Unidade Curricular. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

[14] Dias Joana, 2020, *Tecnologia de Reciclagem Orgânica Anaeróbia – Digestão Anaeróbia*, documentação de suporte à Unidade Curricular. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

[15] Dias Joana, 2020, *Tecnologia de Reciclagem Orgânica Anaeróbia – Incineração*, documentação de suporte à Unidade Curricular. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

[16] Dias Joana, 2020, *Deposição em aterro controlado*, documentação de suporte à Unidade Curricular. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

[17] Pinto L., 2015, *Avaliação do potencial de novos têxteis técnicos para área biomédica*, Universidade Católica Portuguesa – Escola Superior de Biotecnologia

[18] Ellen MacArthur Foundation, 2017, *A new textiles economy: Redesigning fashion's future*, [www.ellenmacarthurfoundation.org/publications](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications) , acedido em 9 de setembro de 2021

[19] Yousef, S., Tatariants, M., Tichonovas, M., Kliucininkas, L., Lukošiušė, S.-I., & Yan, L., 2020, *Sustainable green technology for recovery of cotton fibers and polyester from textile waste*, Elsevier, 2020

[20] Neves da Silva A., 2009, *Valorização de Resíduos Têxteis*, Universidade do Minho

[21] Eurostat, 2018, *Waste statistics*, [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_statistics#Hazardous\\_waste\\_generation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Hazardous_waste_generation) , acedido em 9 de setembro de 2021

[22] APA, 2020, *Relatório anual - Resíduos Urbanos 2019*, acedido a partir do link:

[https://apambiente.pt/sites/default/files/\\_Residuos/Producao\\_Gest%C3%A3o\\_Residuos/Dados%20RU/RARU%202019.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/_Residuos/Producao_Gest%C3%A3o_Residuos/Dados%20RU/RARU%202019.pdf)

[23] PERSU 2020+, 2019, *Reflexão estratégica e ajustamentos às medidas do PERSU 2020*, acedido a partir do link: [https://www.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/noticias/reflexao\\_persu.pdf](https://www.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/noticias/reflexao_persu.pdf)

[24] Febratex Group, *Economia circular têxtil para eliminar resíduos e poluição*, <https://fcem.com.br/noticias/economia-circular-textil-para-eliminar-residuos-e-poluicao/> , acedido em 9 de setembro de 2021

[25] Comissão Europeia, “*Para uma economia circular: programa para acabar com os resíduos na Europa*”, 2014, <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2014/PT/1-2014-398-PT-F1-1.Pdf>, acedido em 9 de setembro de 2021

[26] Pastofo, *Setor da construção civil e automóvel*, <https://pastofo.com/pt/?id=pagedetail&idd=155> , acedido em 15 de setembro de 2021

[27] Briga-Sá A., Nascimento D., Teixeira N., Pinto J., Caldeira F., Varum H., Paiva A., *Textile waste as an alternative thermal insulation building material solution*, Elsevier, 2013

[28] Fibrosom, *Isolamentos – Feltro Termofixado*, <http://www.fibrosom.com/Produtos.aspx?id=36&Feltro%20Termofixado> , acedido em 15 de setembro de 2021

[29] Müssig J., 2010, *Industrial Applications of Natural Fibres: Structure, Properties and Technical Applications*, [https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=rX8S2PE71HkC&oi=fnd&pg=PA423&dq=felts+used+in+the+automotive+sector&ots=Gpd3mh6VSc&sig=DURpXzAwiFo1QgVcf1qTnhSQAuY&redir\\_esc=y#v=onepage&q=felts%20used%20in%20the%20automotive%20sector&f=false](https://books.google.pt/books?hl=pt-PT&lr=&id=rX8S2PE71HkC&oi=fnd&pg=PA423&dq=felts+used+in+the+automotive+sector&ots=Gpd3mh6VSc&sig=DURpXzAwiFo1QgVcf1qTnhSQAuY&redir_esc=y#v=onepage&q=felts%20used%20in%20the%20automotive%20sector&f=false) , acedido em 15 de setembro de 2021

# Anexos

## Anexo A – Localização dos contentores de recolha de resíduos

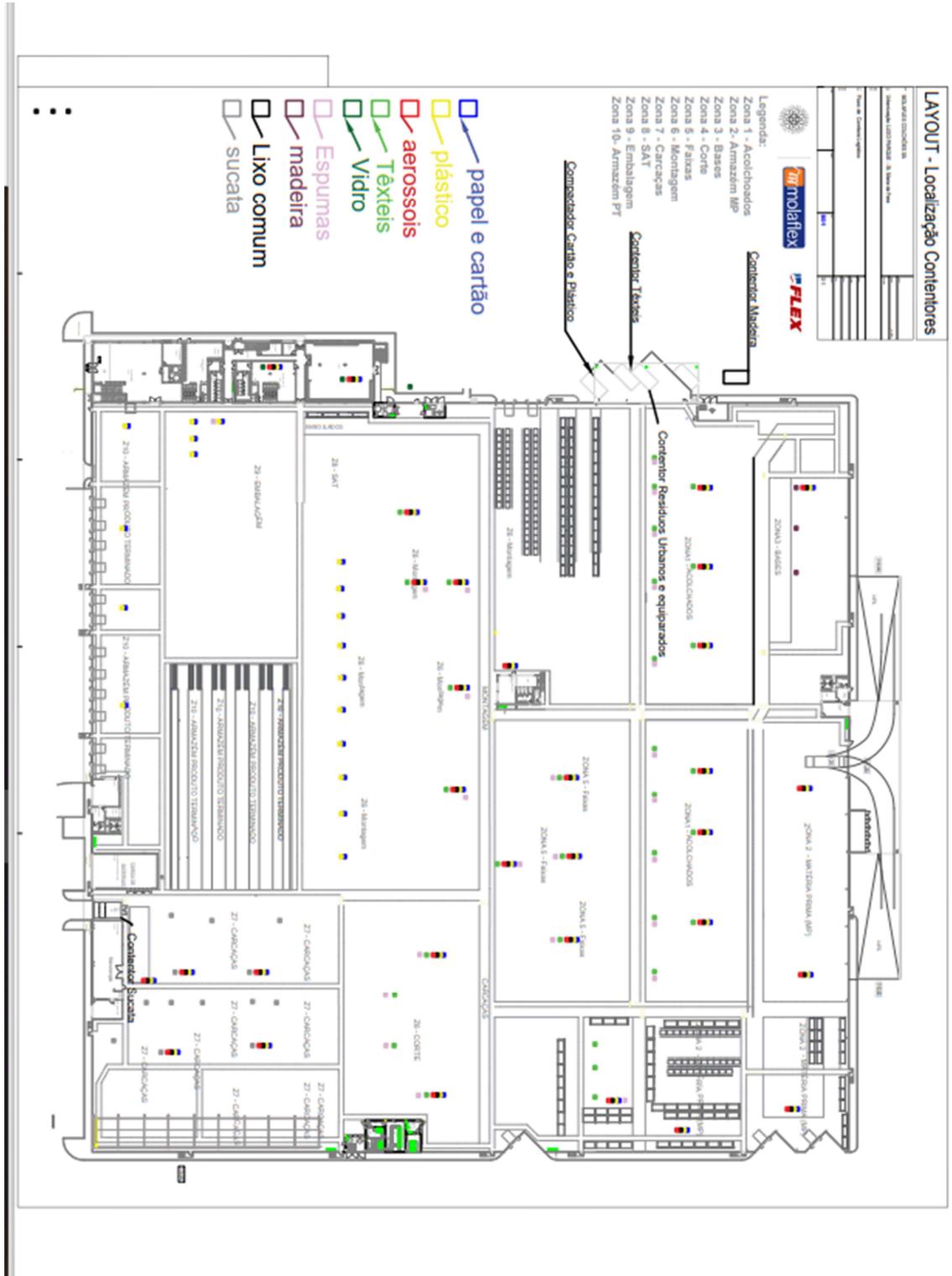


FIGURA A1 - LOCALIZAÇÃO DOS CONTENTORES DE RECOLHA DE RESÍDUOS

# Anexo B – Circuitos internos de recolha de resíduos

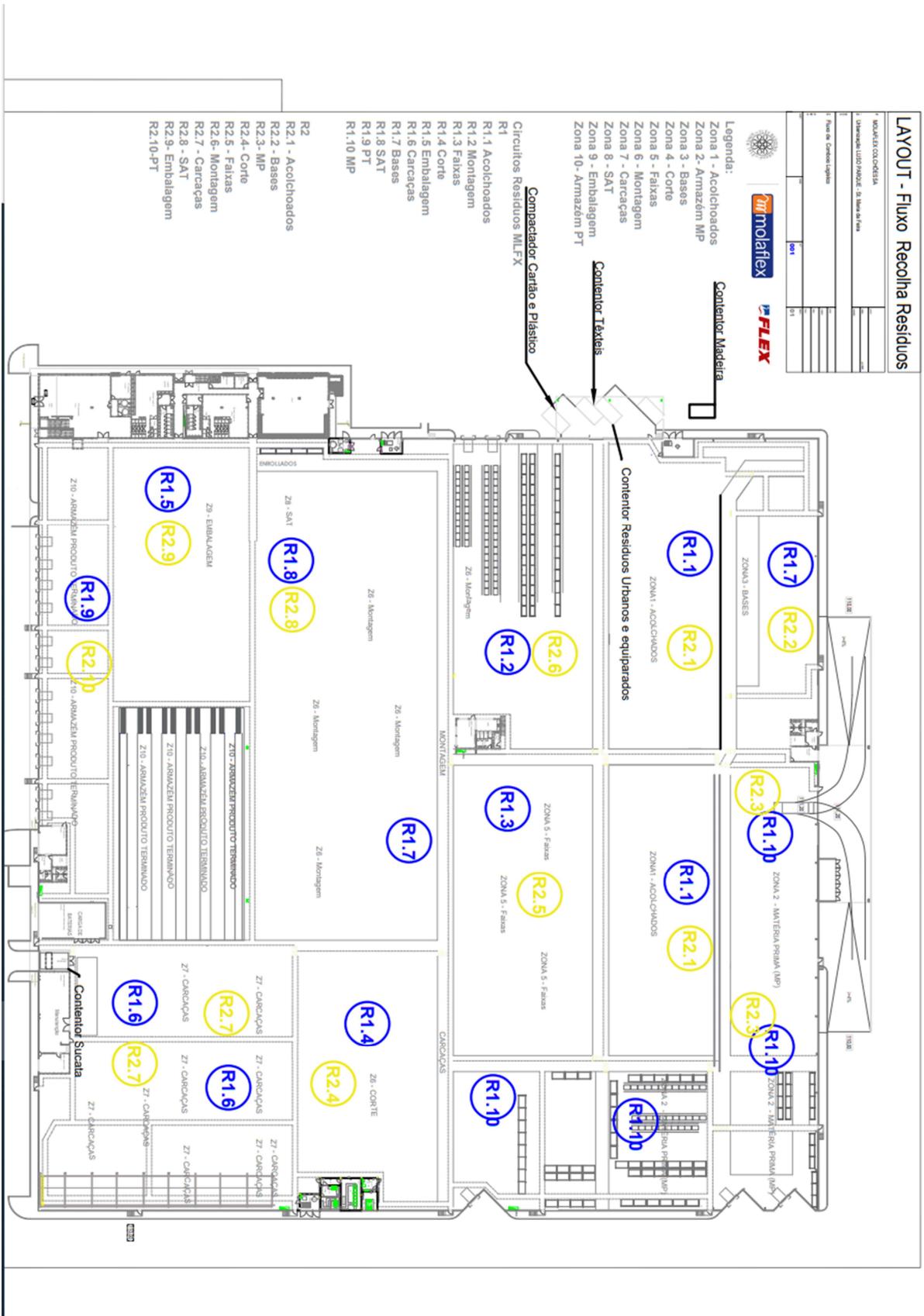


FIGURA B1 - CIRCUITOS INTERNOS DE RECOLHA DE RESÍDUOS

## Anexo C – Novas etiquetas colocadas nos contentores



FIGURA C1 – ETIQUETAS COLOCADAS NOS CONTENTORES

## Anexo D – Dureza Shore dos ensaios de incorporação dos resíduos triturados

TABELA D1 - DUREZA SHORE DOS ENSAIOS DE INCORPORAÇÃO DOS RESÍDUOS TRITURADOS NO MOINHO DE CORTE

<b>Material</b>	<b>Ensaio</b>	<b>Média Dureza Shore-D (HD)</b>
	Ensaio de referência	0,34
<b>Espumas</b>	Ensaio X1 (crivo 2 cm)	0,34
	Ensaio X4 (crivo 3 mm)	0,72
<b>Tampo</b>	Ensaio X2 (crivo 3 mm)	1,3
	Ensaio X3 (crivo 4 mm)	0,97
	Ensaio X6 (crivo 8 mm)	0,94
	Ensaio X8 (crivo 2 cm)	0,95
	Ensaio X7 (crivo 5 cm)	0,5
<b>Espumas+Tampo</b>	Ensaio X5 (crivo 2 cm + 4 mm)	0,79

TABELA D2 - DUREZA SHORE DOS ENSAIOS DE OTIMIZAÇÃO DA PERCENTAGEM DE INCORPORAÇÃO DE RESÍDUOS

<b>Material</b>	<b>Ensaio</b>	<b>Média Dureza Shore-D (HD)</b>
<b>Tampo</b>	Ensaio Y1 (20% resíduo)	1,70
	Ensaio Y2 (25% resíduo)	2,27
	Ensaio Y3 (30% resíduo)	2,93
	Ensaio Y4 (35% resíduo)	3,30
	Ensaio Y5 (40% resíduo)	3,80
	Ensaio Y6 (50% resíduo)	5,63