



Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

***Contribuições para a valorização de resíduos de
plástico***

Tânia Encarnação Neves

Leiria, *Março* de 2015



Projeto

Mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente

***Contribuições para a valorização de resíduos de
plástico***

Tânia Encarnação Neves

Projeto de Mestrado realizado sob a orientação do Doutor Nelson Simões Oliveira, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação da Engenheira Maria Lizete Lopes Heleno, Professora da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

Leiria, *Março* de 2015

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Certeza

“De tudo, ficaram três coisas:

A certeza de que estamos sempre começando...

A certeza de que precisamos continuar...

A certeza de que seremos interrompidos antes de terminar...

Portanto devemos:

Fazer da interrupção um caminho novo...

Da queda um passo de dança...

Do medo, uma escada...

Do sonho, uma ponte...

Da procura, um encontro...”

Fernando Pessoa

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Agradecimentos

A elaboração deste Projeto, no âmbito do mestrado em Engenharia da Energia e do Ambiente, foi possível devido a várias pessoas que direta ou indiretamente deram o seu contributo para a concretização do mesmo.

Ao Professor Nelson Oliveira e à Professora Lizete Heleno como meus orientadores, quero agradecer pela disponibilidade manifestada para orientar este trabalho, pela ajuda, exigência de método e rigor e pelos comentários, esclarecimentos, opiniões e sugestões.

À empresa ABResíduos - Gestão e Valorização de Resíduos, Lda por ter aceite ser objeto do estudo de caso neste projeto e ter disponibilizado os recursos humanos necessários para à sua concretização. À Engenheira da ABResíduos, pela disponibilidade, ajuda e apoio demonstrado no acompanhamento e realização deste trabalho.

Aos meus pais, quero agradecer pela força, paciência e dedicação que sempre tiveram para que chegasse até aqui. À minha querida mãe que sempre esteve presente nos momentos mais difíceis, reviravoltas e mudanças, apoiando-me incondicionalmente.

Quero agradecer aos meus amigos de coração pela energia, paciência, compreensão e força que me deram para que não desistisse e acreditasse que ia conseguir finalizar esta etapa.

Por último, agradeço a Deus pela força, saúde e energia que me concedeu, para que conseguisse chegar até aqui.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Resumo

A empresa ABResíduos, no sentido de ir ao encontro dos programas e medidas europeias que têm vindo a ser estudadas e adotadas relativamente aos plásticos zero em aterro até 2020, sentiu a necessidade de aplicar medidas internas para diminuir a quantidade de plásticos que são depositados em aterro. Assim, este trabalho apresenta contribuições para a valorização de resíduos de plástico no sentido de reduzir o seu envio para aterro.

Na apresentação do caso em estudo são caracterizadas as operações e processos de gestão de resíduos, o seu encaminhamento, bem como a análise técnica das operações e processos de gestão dos resíduos plásticos na empresa.

Como propostas de otimização dos processos para a valorização dos resíduos plásticos são apresentadas melhorias dos processos internos que contemplam o registo em folhas para controlo operacional da triagem, a homogeneização e dispersão dos materiais na passadeira, o ajuste da velocidade das passadeiras, a organização dos materiais separados nos contentores corretos, a colocação de contentores para materiais de difícil identificação e a triagem manual do contentor dos refugos para aproveitamento da maior quantidade possível de resíduos plásticos.

No sentido de valorizar os resíduos plásticos nas operações de gestão nesta empresa, são apresentadas propostas para a triagem dos diferentes tipos resíduos e para os plásticos LDPE de origem agrícola, sujos.

Estas propostas incluem a análise técnica e a viabilidade económica para diferentes cenários, tendo por base os custos de mão-de-obra, investimentos, custos fixos e variáveis, custos de manutenção e limpeza dos equipamentos e os cálculos dos indicadores, como a rentabilidade, lucro e período de retorno do investimento.

Palavras-chave: Resíduos plásticos, Valorização, Plásticos zero em aterro, Gestão de resíduos, Triagem, Refugos.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Abstract

The company ABResíduos in order to meet the European programs and measures which has been studied and adopted in relation to the zero landfill plastics until 2020, felt the need to apply internal measures to reduce the amount of plastics that are disposed of in landfill. Therefore, this work presents contributions to the recovery of plastic waste in order to reduce its sending to landfill.

The studied case is characterized by operations and waste management processes, their forwarding, as well as technical analysis of operations and management processes of plastic waste in the company.

As proposals for optimization of processes for the recovery of waste plastics are presented improvements of internal processes that contemplate from registration for operational control of sorting, the homogenizing and dispersing materials on treadmill, adjusting the speed of the treadmills, the organization of materials separated in the correct containers, placing containers for materials that are difficult to identify and the manual sorting of the unusable rejects container to use the largest possible amount of plastic waste.

In the sense of valuing the plastic waste in the waste management operations in this company are sorting proposals for different waste types and LDPE plastics from agricultural sources.

These proposals include the technical analysis and economic viability for different scenarios, based on the costs of labor, investments, fixed and variable costs, maintenance costs and cleaning of equipment and the calculation of the indicators, such as profitability, profit and payback period of the investment.

Key-Words: Plastics Waste, Valuing, Zero plastics in landfill, Waste management, Sorting, Unusable rejects.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice de Figuras

Figura 1 – Fluxograma genérico da gestão integrada de resíduos industriais.....	2
Figura 2 – Fluxograma para identificação de plásticos (Adaptado de: Lima, 2011).....	22
Figura 3 – Exemplos de materiais PET.....	24
Figura 4 – Exemplos de materiais HDPE.....	24
Figura 5 – Exemplos de materiais de PVC.....	25
Figura 6 – Exemplos de materiais de LDPE.	26
Figura 7 - Exemplos de resíduos de PP.....	26
Figura 8 – Exemplo de resíduos de PS.	27
Figura 9 – Exemplo de outros resíduos.....	27
Figura 10 – Produção de plásticos no mundo e na europa desde 1950 até 2013 (Adaptado de: The Facts 2014/2015, 2015; The Facts 2013, 2013).....	31
Figura 11 – Áreas de Aplicação dos plásticos na Europa em 2012 (Adaptado de: The Facts 2014/2015, 2015).....	31
Figura 12 – Panorama dos resíduos plásticos depositados em aterro na Europa (The Facts 2014/2015, 2015).....	32
Figura 13 – Ciclo de vida do plástico (Adaptado de: Trinseo, 2014).....	33
Figura 14 – Esquema das principais etapas da reciclagem mecânica (Adaptado de: Faria, 2011).	35
Figura 15 – Esquema dos processos da reciclagem química dos resíduos plásticos (Adaptado de: Pinto & et al., 2012).	40
Figura 16 – Esquema das operações de gestão dos resíduos na ABResíduos.....	45
Figura 17 – Proposta técnica / comercial.	46
Figura 18 – Recolha e transporte dos resíduos por um camião da empresa.....	46
Figura 19 – Esquema da linha de triagem da empresa.....	49
Figura 20 – Triagem dos resíduos por separação manual.	49
Figura 21 – Descontaminação e desmantelamento de VFV.....	51
Figura 22 – Desmantelamento de um REEE.....	53

Figura 23 – Trituradores de resíduos de plástico.	53
Figura 24 – Compactação e enfardamento dos resíduos de plástico.....	54
Figura 25 – Armazenamento temporário dos resíduos.....	54
Figura 26 – Diagrama geral de processos dos resíduos de embalagem.	56
Figura 27 - Diagrama geral de processos dos REEE.....	57
Figura 28 - Diagrama geral de processos dos resíduos de VFV.	57
Figura 29 - Diagrama geral de processos dos RCD.	58
Figura 30 - Diagrama geral de processos dos RIB's.....	58
Figura 31 - Diagrama geral de processos dos resíduos específicos de outras atividades....	59
Figura 32 – Esquema da linha de triagem com a aplicação desta proposta.....	71
Figura 33 – Exemplos de possíveis aplicações para a proposta.....	71
Figura 34 - Exemplo do alimentador vibratório (Sotecnisol, 2014).....	74
Figura 35 - Exemplo do equipamento de triagem ótica dos resíduos (Binder+Co, 2010b).	76
Figura 36 – Exemplo do moinho com sistema de pré-lavagem (Palbase, Moinho XRT, 2015).....	78
Figura 37 – Exemplo da centrifugadora (Palbase, Centrifugadora, 2015).	79
Figura 38 - Exemplo dos equipamentos tanque, lavadora e secadora (Kie Máquinas, 2013).	81

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Resumo dos principais fluxos de resíduos abordados.....	12
Tabela 2 – Sistema de identificação dos materiais plásticos estabelecidos na Decisão nº 97/129/CE, da Comissão, de 28 de janeiro (Adaptado do: quadro I do anexo II do Decreto-Lei nº 92/2006, de 25 de maio).	21
Tabela 3 – Resumo das características e propriedades dos plásticos para a identificação dos resíduos plásticos (Paulo, 2012).....	23
Tabela 4 – Descrição dos principais aditivos dos plásticos (Esgalhado & Rocha, 2002)..	29
Tabela 5 – Métodos de separação dos resíduos plásticos.....	36
Tabela 6 – Operações de descontaminação de VFV (ABResíduos, 2014).....	50
Tabela 7 – Operações de desmantelamento dos VFV (ABResíduos, 2014).	51
Tabela 8 - Correspondência entre categorias dos REEE e fluxos operacionais.....	52
Tabela 9 – Códigos LER dos tipos de resíduos plásticos.	60
Tabela 10 – Exemplos de materiais plásticos para cada tipo de polímero.	63
Tabela 11 - Otimização da velocidade dos tapetes transportadores face às condições de operação.....	69
Tabela 12 - Especificações técnicas do alimentador vibratório (Sotecnisol, 2014).....	74
Tabela 13 - Especificações técnicas do equipamento CRITERION (Sotecnisol, 2014)....	75
Tabela 14 – Especificações técnicas do equipamento moinho (Palbase, Moinho XRT, 2015).....	78
Tabela 15 – Especificações técnicas da Centrifugadora (Palbase, Centrifugadora, 2015)..	79
Tabela 16 - Especificações técnicas da lavadora, tanque e secadora (Kie Máquinas, 2013).	81
Tabela 17 - Dados de entrada para o cálculo da viabilidade da proposta.....	83
Tabela 18 – Cenários para análise da viabilidade económica da proposta.....	84
Tabela 19 - Dados de entrada para o cálculo da viabilidade das propostas.....	85
Tabela 20 - Cenários para análise da viabilidade económica das propostas.	86

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Lista de Siglas

ABS – Acrilonitrila Butadieno Estireno

APA – Agência Portuguesa para o Ambiente

CDR – Combustível Derivado de Resíduos

CE – Comissão Europeia

EU – União Europeia

GAR – Guia de Acompanhamento de Resíduos

HDPE – Polietileno de Alta Densidade

LDPE – Polietileno de Baixa Densidade

LER – Lista Europeia de Resíduos

MIR – Espectroscopia de infravermelho médio

MIRR – Mapa Integrado de Registo de Resíduos

NIR – Espectroscopia de infravermelho próximo

PE – Polietileno

PESGRI – Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Industriais

PET – Politereftalato de etileno

PNAPRI – Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais

PP – Polipropileno

PS – Poliestireno

PVC – Policloreto de vinilo

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

REEE – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

RIB – Resíduos Industriais Banais

SILiAmb – Sistema Integrado de Licenciamento do Ambiente

SIRAPA – Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente

SIRER – Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos

VFV – Veículos em Fim de Vida

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Índice

AGRADECIMENTOS.....	V
RESUMO	VII
ABSTRACT	IX
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
ÍNDICE DE TABELAS	XIV
LISTA DE SIGLAS	XVI
ÍNDICE	XVIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. OBJETIVOS	3
1.2. ESTRUTURA.....	3
2. REVISÃO DAS POLÍTICAS E LEGISLAÇÃO AMBIENTAL	5
2.1. GESTÃO DE RESÍDUOS.....	5
2.2. FLUXOS ESPECÍFICOS DE RESÍDUOS	11
2.3. OPÇÕES DE TRATAMENTO DE RESÍDUOS	16
3. ENQUADRAMENTO TEÓRICO.....	19
3.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PLÁSTICOS.....	19
3.1.1. <i>Classificação dos materiais plásticos</i>	19
3.1.2. <i>Métodos de identificação de tipologias de plásticos</i>	21
3.1.3. <i>Tipos de materiais plásticos</i>	23
3.1.4. <i>Propriedades dos plásticos</i>	28
3.1.5. <i>Aditivos: modificadores das propriedades dos plásticos</i>	28
3.1.6. <i>Métodos de Processamento de Plásticos</i>	29
3.2. PRODUÇÃO/CONSUMO DE PLÁSTICOS	30
3.3. RECICLAGEM E VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS	34
3.3.1. <i>Reciclagem Mecânica</i>	34
3.3.2. <i>Reciclagem Química</i>	39
3.3.3. <i>Valorização Energética</i>	41
4. CASO DE ESTUDO: ABRESÍDUOS.....	43
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA	43
4.2. GESTÃO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS	55
4.3. ENCAMINHAMENTO DOS RESÍDUOS	64
4.4. ANÁLISE TÉCNICA DAS OPERAÇÕES DE GESTÃO DE RESÍDUOS PLÁSTICOS.....	65
5. PROPOSTAS DE OTIMIZAÇÃO DOS PROCESSOS PARA A VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS PLÁSTICOS.....	67
5.1. MELHORIA DOS PROCESSOS INTERNOS DA TRIAGEM	67
5.1.1. <i>Controlo operacional</i>	67
5.1.2. <i>Abertura dos sacos fechados no carregamento do tapete transportador</i>	68
5.1.3. <i>Ajuste da velocidade dos tapetes transportadores para otimização das operações</i>	69
5.1.4. <i>Organização dos materiais separados nos contentores</i>	70
5.1.5. <i>Contentor auxiliar para outros tipos de plásticos no caso de dúvida da sua tipologia</i>	72
5.1.6. <i>Repetir triagem manual do contentor dos refugos otimizando as horas de trabalho</i>	72
5.2. OUTRAS PROPOSTAS DE OTIMIZAÇÃO.....	73
5.2.1. <i>Proposta para triagem ótica dos resíduos</i>	73
5.2.2. <i>Propostas para os resíduos plásticos de LDPE sujos</i>	77
5.2.3. <i>Viabilidade económica das outras propostas de otimização</i>	82
6. CONCLUSÕES.....	89

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91
ANEXOS.....	95

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

1. Introdução

A produção de resíduos ao longo dos anos tem vindo a crescer, tornando-se num problema ambiental, social e económico. Este problema surge devido ao aumento do consumo e ao crescimento da sociedade, sendo necessário adotar estratégias para conferir aos resíduos um destino final correto e prevenir a sua produção excessiva (Santos, 2009).

O plástico é um dos materiais mais utilizados no nosso dia-a-dia, estando presentes nos mais diferentes produtos, o que resultou num desenvolvimento muito grande na sua produção ao longo do tempo. O facto de este material ser relativamente barato, durável e versátil, leva a que a quantidade de resíduos de plástico esteja a aumentar em todo o mundo.

Uma grande parte dos plásticos é produzida a partir de matéria-prima proveniente do petróleo, sendo que a sua utilização em larga escala origina, anualmente, grandes quantidades de resíduos que pela sua natureza química apresentam uma degradação muito lenta e persistem no ambiente por largas décadas ou séculos.

A atual dependência do petróleo, sendo este um “recurso natural, não renovável e finito”, faz com que a sociedade tenha de encontrar soluções sustentáveis de forma a não existir uma procura dos recursos naturais e reduzir os impactes ambientais (Comissão Europeia, 2013).

A gestão de resíduos é compreendida, segundo o Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho, como o conjunto das operações que visam a sua “recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação” dos resíduos, garantindo que todas as operações se realizem dentro das medidas estabelecidas pela legislação aplicável.

A hierarquia dos resíduos definidos na diretiva quadro dos resíduos (2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro de 2008, transposta para o Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho) deve ser aplicada pela seguinte ordem de prioridades redução, reutilização, valorização e deposição final.

As atividades industriais normalmente, geram resíduos resultantes da extração de recursos naturais e da sua transformação em produtos de consumo. Estes resíduos industriais são gerados por atividades de todos os sectores económicos e vistos como um subproduto inevitável de uma atividade económica (Associação Empresarial de Portugal, 2011)

A gestão integrada de resíduos industriais, apresentada na Figura 1, visa a promoção do desenvolvimento sustentável, com redução da produção de resíduos na origem e aplicação das

soluções tecnológicas mais avançadas para valorização e tratamento, segundo o Decreto-Lei nº 89/2002, de 9 de abril.

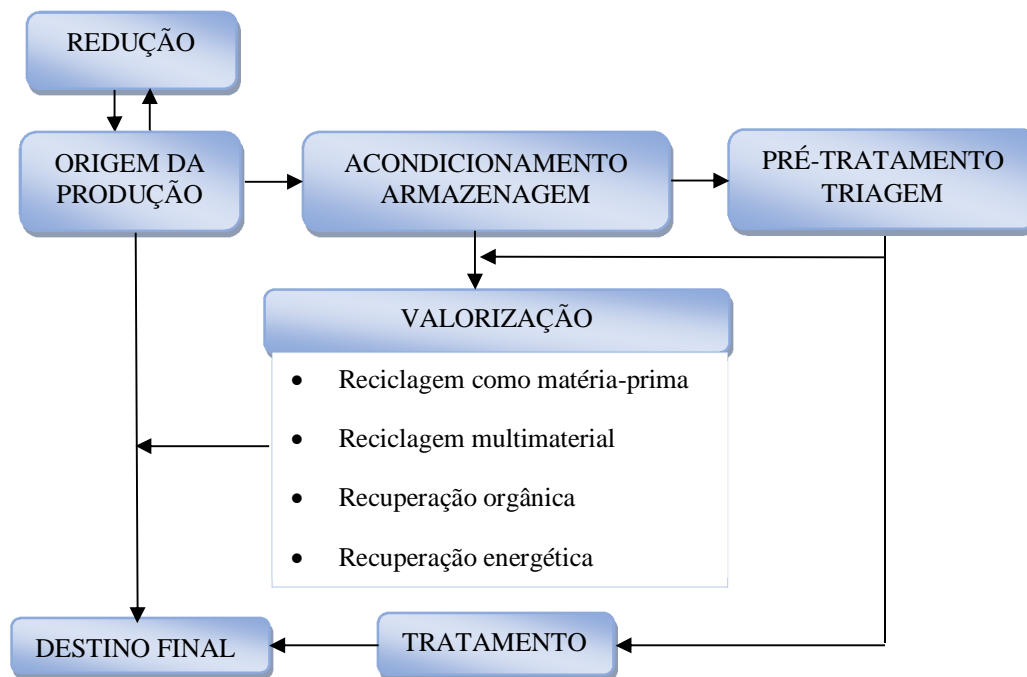


Figura 1 – Fluxograma genérico da gestão integrada de resíduos industriais
(Adaptado do Decreto-Lei nº 89/2002, de 9 de abril).

As operações de valorização dos resíduos plásticos visam a recuperação dos mesmos, de forma a utilizá-los numa outra etapa ou a transformá-los num novo produto. Estas operações podem ser relativas à reciclagem ou à recuperação dos resíduos de diversas formas, tais como a sua recuperação como matéria-prima, multimaterial, orgânica e energética.

A reciclagem dos resíduos de plástico visa a produção de um produto com qualidade próxima ao material original. Desta forma, para que a reciclagem seja eficiente, é importante identificar os contaminantes e outros materiais, separando os diferentes tipos de resíduos plásticos.

A separação de cada tipo de plásticos pode ser realizada através de técnicas de separação manual, automática ou semiautomática. Os métodos automáticos permitem separar os plásticos de forma eficiente, mas estes são métodos que exigem um investimento inicial mais elevado colocando a separação manual como processo mais utilizado (Letras, 2008).

Após o processo de separação, os tipos de plásticos que se podem aproveitar são reciclados e os restantes são encaminhados para outras formas de valorização, evitando sempre a deposição em aterro.

A deposição em aterro é a última opção a tomar pois os resíduos plásticos permanecem no

meio ambiente durante muito tempo, representando riscos para a saúde humana, bem como para o meio ambiente. Nesse sentido, o projeto “Plásticos zero para aterros em 2020” promovido pela PlasticsEurope visa reduzir os resíduos de plástico que são depositados em aterros todos os anos para perto de zero, de forma a explorar todo o potencial de opções de reciclagem e valorização, aplicando as melhores práticas e tecnologias de hoje (Comissão Europeia, 2013).

1.1. Objetivos

O trabalho proposto tem como objetivo principal o estudo de contribuições para a redução de envio de plásticos para aterro, promovendo a otimização dos processos de separação para a sua valorização na empresa ABResíduos – Gestão e Valorização de Resíduos, Lda. Esta, por sua vez, está autorizada a receber resíduos de diferentes tipos, de origem industrial, pós-consumo ou provenientes de operações de gestão de resíduos. Por questões de confidencialidade utiliza-se um nome fictício para a empresa.

Para atingir este objetivo foram definidos objetivos mais específicos que visam:

- A identificação dos tipos de resíduos de plásticos existentes na receção da empresa;
- Identificação do encaminhamento atual dos resíduos da empresa;
- Pesquisa das melhores soluções de otimização dos processos de gestão para a valorização;
- Aplicação na prática das melhores soluções.

1.2. Estrutura

O presente projeto está estruturado em seis capítulos, sendo que no primeiro capítulo é apresentada a introdução, fazendo um enquadramento ao tema, apresentando os objetivos propostos e descrição da organização do projeto.

No segundo capítulo é apresentado a revisão das políticas e legislação ambiental associada aos resíduos de plástico sendo abordado os principais diplomas legais. Neste capítulo é feita, também, uma abordagem à gestão dos resíduos, apresentados os diplomas referentes aos fluxos específicos e a legislação associada aos tratamentos dos resíduos.

No terceiro capítulo é apresentado o enquadramento teórico sobre esta temática

caracterizando os resíduos plásticos, onde são abordados de forma teórica todos os conceitos relacionados com o tema, desde a definição de plásticos até às tecnologias existentes para o seu tratamento.

No quarto capítulo é descrito o caso de estudo, onde é feita a caracterização da empresa ABResíduos, a gestão dos processos dos resíduos plásticos e o seu encaminhamento para destino final.

No quinto capítulo são apresentadas propostas de otimização dos processos da empresa em estudo para a valorização dos resíduos plásticos de forma a evitar a sua deposição em aterro.

No sexto capítulo é apresentada as conclusões do estudo e as limitações presentes ao longo da realização deste projeto.

2.Revisão das políticas e legislação ambiental

Nos últimos anos, a elaboração de documentos legais tem vindo a aumentar, de modo a definir e a implementar regras na gestão dos resíduos, por forma a minimizar os impactes ambientais.

Até à data, ainda não foi definida legislação específica no âmbito de plásticos zero em aterro. Contudo, os resíduos plásticos são abordados de forma genérica nos diplomas legais dos fluxos de resíduos e na Diretiva 94/62/CE relativa às embalagens, que fixa objetivos específicos em matéria de reciclagem de embalagens de plástico.

A Comissão Europeia está a proceder a uma revisão da legislação em vigor, no domínio dos resíduos de forma a avaliar os objetivos, eficiência e relevância, sobre o estudo de diretivas relativas aos fluxos de resíduos (Comissão Europeia, 2013).

Neste capítulo é apresentado um enquadramento legislativo, onde é abordado os principais diplomas legais referentes à legislação nacional e comunitária, focando mais diretamente a gestão de resíduos plásticos industriais com maior importância no âmbito do projeto em estudo.

A legislação nacional apresentada neste capítulo encontra-se disponível no Diário da República e a legislação comunitária na página EUR-Lex – Europa. Os diplomas legais abordados foram verificados até à data de 31 de dezembro de 2014 e encontram-se referenciados no Anexo I.

2.1. Gestão de Resíduos

Um dos grandes desafios com que se debatem as sociedades atualmente é a gestão adequada de resíduos, havendo assim uma crescente necessidade de minimizar a produção de resíduos e de assegurar a sua gestão.

O Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho, procede à terceira alteração e transpõe a Diretiva nº 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro, relativo às operações de gestão de resíduos que visam a prevenção e a redução da produção de resíduos, por forma a diminuir os impactes ambientais e a proteção da saúde humana.

Segundo o artigo 3º do referido decreto-lei, a gestão de resíduos é compreendida pelas etapas de recolha, transporte, armazenagem, valorização, tratamento e eliminação de resíduos, em condições ambientalmente seguras, adequadas e devidamente legalizadas para o efeito.

A responsabilidade pela gestão dos resíduos é do seu produtor ou do detentor, sendo que estes devem ser recolhidos e transportados em condições que assegurem a proteção do ambiente e da saúde, entregando-os posteriormente a operadores legais que garantam o seu tratamento de forma ambientalmente correta, com base nos princípios da hierarquia dos resíduos.

Na gestão de resíduos são definidas orientações estratégicas para os resíduos em planos específicos. Estes resíduos são registados eletronicamente, tendo por base os códigos definidos na lista europeia de resíduos. O seu transporte deve ser realizado com as respetivas guias de acompanhamento, podendo ser realizado dentro ou fora do país (transfronteiriço).

De seguida, são abordados os principais pontos de realce na gestão de resíduos, entre os quais se encontram o plano estratégico de gestão de resíduos industriais, a implementação do projeto da fiscalidade verde, o registo eletrónico dos resíduos, a classificação dos resíduos, segundo a Lista europeia de resíduos, e o transporte dos resíduos.

Plano de Resíduos Industriais

A prevenção da produção de resíduos permite adotar estratégias organizacionais e operacionais que tem como objetivo a promoção da redução dos resíduos na fonte e a reutilização dos produtos, de forma a reduzir os impactes ambientais produzidos ao longo do seu ciclo de vida. Estas medidas foram estabelecidas pela União Europeia (UE) para permitir a melhor gestão dos resíduos, sendo definidas na “Estratégia Temática para a Prevenção e Reciclagem de Resíduos” e na Diretiva Quadro dos Resíduos (Diretiva 2008/98/CE) como política ambiental.

A estratégia governamental aplicável à Gestão Integrada de Resíduos Industriais é apresentada, no Plano Estratégico da Gestão de Resíduos Industriais, que foi aprovado pelo Decreto-Lei nº 516/99, de 2 de dezembro (PESGRI 99), tendo sido alterado pelo Decreto-Lei nº 89/2002, de 9 de abril (PESGRI 2001), que estabelece medidas estratégicas na gestão dos resíduos industriais em território nacional.

Este plano tem como princípios fundamentais a redução da produção de resíduos na sua origem, a exploração de operações de tratamento que visem a reutilização e reciclagem dos resíduos, com recurso às tecnologias apropriadas e também, o desenvolvimento de instalações de gestão dos resíduos suficientes para fazer face à produção dos resíduos do país.

O Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais (PNAPRI) surgiu em consolidação do

PESGRI para minimizar a produção e o nível de perigosidade para a saúde e ambiente dos resíduos industriais, estando em implementação desde 2000 até 2015.

Fiscalidade verde

A fiscalidade verde tem como objetivo proteger o ambiente e reduzir a dependência energética do exterior, de forma a adotar medidas mais sustentáveis de produção e consumo, promovendo o desenvolvimento de empregos e o empreendedorismo, contribuindo para a responsabilidade orçamental, para a competitividade económica e para a diminuição dos desequilíbrios externos (APA, 2014a).

O governo, após avaliações e estimativas de impactes sobre a Fiscalidade Verde, veio criar um Projeto de Reforma da fiscalidade ambiental, relativo à alteração das normas fiscais ambientais nos sectores da energia e emissões, transportes, água, resíduos, ordenamento do território, florestas e biodiversidade, e ainda introduziu um regime de tributação dos sacos plásticos e de incentivo ao abate de veículos em fim de vida, sendo estabelecida na Lei n.º 82-D/2014, de 31 de dezembro.

Um dos problemas ambientais de relevo é o elevado número de sacos de plásticos produzidos e consumidos, que contribuem para impactes ambientais associados. Segundo o artigo 30º do capítulo V, da Lei n.º 82-D/2014, de 31 de dezembro, e regulamentada pela Portaria n.º 286-B/2014, de 31 de dezembro, estabelece regras e princípios de aplicação da contribuição sobre os sacos de plástico leves.

Os sacos de plástico leves passam a estar sujeitos a uma contribuição (8 cêntimos + IVA), segundo o artigo 38º do capítulo V, da presente lei, com o objetivo de reduzir a quantidade de consumo de sacos plásticos.

Registo eletrónico de resíduos

O registo e o armazenamento de dados relativos à produção e gestão de resíduos foram efetuados num Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente (SIRAPA), que era um portal da internet reservado a entidades, clientes e parceiros, com obrigações legais no âmbito do Ambiente.

Atualmente o registo é efetuado num Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos (SIRER), aprovado pela Portaria n.º 1408/2006, de 18 de dezembro (posteriormente alterada pela Portaria n.º 320/2007, de 23 de março), que foi desenvolvido com o objetivo de disponibilizar o registo no Mapa Integrado de Registo de Resíduos (MIRR) e a informação dos dados sobre resíduos, por via eletrónica, numa plataforma denominado de Sistema

Integrado de Licenciamento do Ambiente (SILiAmb). Esta plataforma surgiu para tornar mais prático, eficiente e rápido o registo eletrónico dos resíduos, de forma a facilitar o contacto entre os cidadãos e os serviços da Agência Portuguesa do Ambiente.

Com estas estratégias de fusão e de integração dos Sistemas de Informação dos resíduos, o SIRER foi incorporado no SIRAPA, pelo que as entidades responsáveis pelos sistemas de gestão de resíduos urbanos, devem registar a informação no Mapa de Registo de Urbanos (MRRU), ainda disponível na plataforma eletrónica SIRAPA (APA, 2014b).

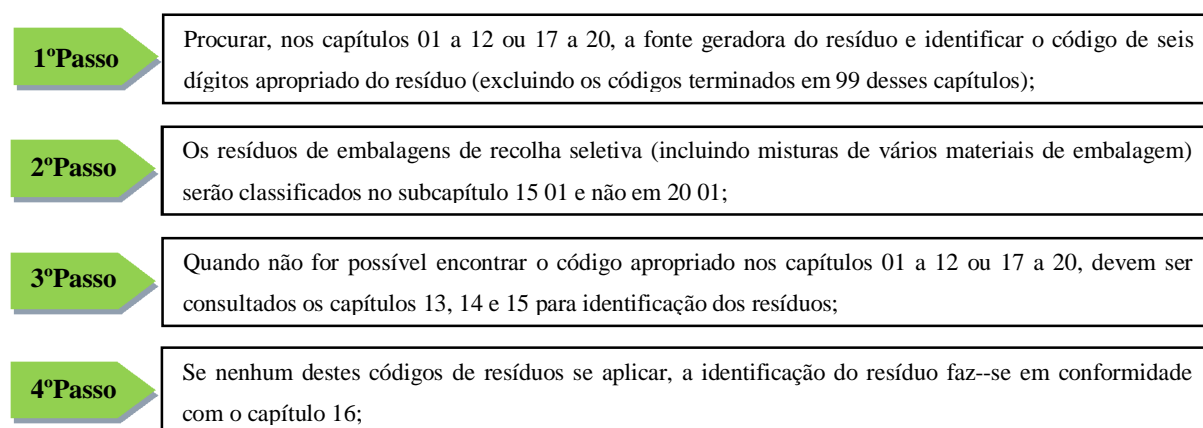
Segundo o artigo 48º do Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de setembro, republicado pelo Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho, define que os produtores, operadores de gestão de resíduos, entidades responsáveis pelos sistemas de gestão, operadores do mercado de resíduos e operadores de gestão de resíduos hospitalares tem de efetuar inscrição e registo obrigatório dos resíduos e manter guardados os registos dos resíduos.

Lista Europeia de Resíduos

A Lista Europeia de Resíduos (LER) apresenta códigos que servem para identificar, organizar e caracterizar os resíduos a partir da origem e natureza, classificando-os de acordo com a legislação.

Esses códigos são publicados na Portaria nº 209/2004, de 3 de março, onde inclui a Lista Europeia de Resíduos (LER), que se apresenta em conformidade com o Catálogo Europeu de Resíduos, esta foi aprovada pela Decisão nº 2000/532/CE, da Comissão, de 3 de maio e alterada para a Decisão nº 2001/573/CE, do Conselho, de 23 de julho.

Esta lista permite atribuir a cada resíduo um código de seis dígitos e, respetivamente, de dois e quatro dígitos para os números dos capítulos e subcapítulos. Os resíduos que se considerem resíduos perigosos são identificados com um asterisco (*). São, assim, necessárias as seguintes etapas para identificar um resíduo na lista (APA, 2014c):



5º Passo

Quando o resíduo não se enquadrar no capítulo 16, utilizar-se-á o código 99 (resíduos não especificados noutra categoria) na parte da lista correspondente à atividade identificada na primeira etapa;

6º Passo

Se o resíduo não se enquadra nos subcapítulos dos códigos anteriores, utilizar-se-á o código 99 (resíduos não especificados noutra categoria) na parte da lista correspondente à atividade identificada na primeira etapa.

A classificação da perigosidade dos resíduos é avaliada através da verificação do nível de perigo atribuído aos resíduos (código H) que constam do anexo II da referida portaria.

As operações de gestão de resíduos, que permitem tratá-los de forma adequada sem colocar em perigo a saúde pública e o ambiente, estão publicadas no anexo III da referida portaria e são divididas em operações que visam a valorização de resíduos (código R), e operações que permitem a eliminação de resíduos (código D) (APA, 2014c).

Transporte de Resíduos

O transporte de resíduos industriais em território nacional é uma operação de transferência dos mesmos que deve ser realizada de forma ambientalmente correta, evitando a sua dispersão ou derrame durante o seu percurso, de modo a não comprometer a eficácia dos processos de valorização e de tratamento.

Assim, o transporte de resíduos em território nacional é regulado pela Portaria nº 335/97, de 16 de maio, pelo que o controlo das transferências de resíduos dentro do país é realizado de forma a proteger e melhorar a qualidade do ambiente, e da saúde pública, pois é importante existir uma fiscalização do transporte para que se efetue dentro dos requisitos legais.

O transporte rodoviário de resíduos definidos no artigo 2º da referida Portaria é realizado apenas pelo produtor, eliminador ou valorizador de resíduos, entidades responsáveis pela gestão de resíduos urbanos e perigosos hospitalares, e ainda, as empresas licenciadas para o transporte rodoviário de mercadorias por conta de outrem (Associação Empresarial de Portugal, 2011).

No transporte de resíduos, o produtor e o detentor tem de garantir o preenchimento das Guias de Acompanhamento de Resíduos, e respetivo acompanhamento, de acordo com o modelo nº 1428, cujos modelos constam no anexo da Portaria nº 335/97, de 16 de maio. De referir que existem outras guias de transporte específicas para os resíduos de construção e demolição e para os resíduos hospitalares.

O Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho introduziu a guia de acompanhamento de resíduos eletrónicos (e-GAR) que até à data

não se encontra disponível no sítio da Autoridade Nacional de Resíduos (ANR) na Internet.

Segundo o nº1 do artigo 6º da Portaria nº 335/97, de 16 de maio, a guia de acompanhamento em papel deve ser preenchida em triplicado (anexo II) e observar procedimentos específicos, no que respeita ao produtor ou detentor, ao transportador e ao destinatário. O 1º exemplar fica na posse do produtor/detentor do resíduo, o 2º exemplar fica na posse do transportador do resíduo, o 3º exemplar fica na posse do destinatário do resíduo que deve fornecer ao produtor ou detentor, no prazo de 30 dias, uma cópia do seu exemplar. Posteriormente, todos devem manter em arquivo os seus exemplares da guia de acompanhamento por um período de 5 anos.

O transporte terrestre de mercadorias perigosas é realizado de forma a garantir condições de proteção e segurança do ambiente e da saúde pública. Este transporte, também se realiza acompanhado das devidas guias de acompanhamento de resíduos e de acordo com Regulamento Nacional de Transporte de Mercadorias Perigosas por estrada que foi aprovado pelo Decreto-Lei nº 41-A/2010, de 29 de abril, tendo sido alterado pelo Decretos-Lei nº 206/2012, de 31 de agosto, e posteriormente pelo Decreto-Lei nº 19-A/2014, de 7 de fevereiro.

O recente decreto-lei procede à transposição da Diretiva nº 2012/45/UE, da Comissão, de 3 de dezembro, que modifica principalmente os critérios de classificação de determinadas mercadorias perigosas apresentadas nos anexos da Diretiva nº 2008/68/CE do Parlamento Europeu e do Conselho. Os resíduos perigosos devem de ir devidamente acondicionados, embalados e rotulados segundo as normas de segurança da legislação aplicável.

Na situação de importação e/ou encaminhamento dos resíduos para instalações, corretamente legalizadas no estrangeiro, deverá ser dado cumprimento ao Decreto-Lei nº 23/2013, de 15 de fevereiro, introduzindo procedimentos mais simplificados e detalhados no envio das notificações e informações relativas às transferências de resíduos. Este decreto-lei procede à primeira alteração ao Decreto-Lei nº 45/2008, de 11 de março, que transpôs para ordem jurídica do Regulamento (CE) nº 1013/2006, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 14 de junho de 2006, posteriormente alterado para o Regulamento (CE) nº 669/2008, de 15 de julho de 2008.

O Regulamento (CE) nº 1013/2006 estabelece procedimentos para organizar e a regulamentar o controlo dos resíduos de acordo com a origem, destino e percurso, bem como a sua transferência consoante o tipo de resíduos e o tipo de tratamento a aplicar aos resíduos no seu destino, segundo os requisitos da Convenção de Basileia.

Esta Convenção estabelece medidas para o controlo de movimentos transfronteiriços de

resíduos perigosos e posteriormente a sua eliminação, de forma a garantir que estes sejam geridos e transportados segundo as normas de segurança ambientais e de saúde pública.

Os resíduos plásticos constam na lista B do anexo IX do Regulamento (CE) nº 1013/2006, com o código [B3010], segundo a Convenção de Basileia.

De acordo com o Regulamento referido anteriormente, os resíduos podem ser sujeitos às seguintes situações:

- Na transferência de resíduos (perigosos e não perigosos) com destino a eliminação e de resíduos perigosos com destino a valorização (ANEXO IV do diploma - Lista laranja) deve ser efetuado um procedimento de notificação.

- Na transferência de resíduos não perigosos com destino a valorização (ANEXO III do diploma - Lista verde) deve ser efetuado um procedimento de informação que se regista na plataforma eletrónica SILiAmb.

Os processos de informação de movimentos transfronteiriços de resíduos da lista verde devem ser submetidos eletronicamente através da plataforma eletrónica SILiAmb.

2.2. Fluxos Específicos de Resíduos

Os resíduos produzidos, segundo o Decreto-Lei nº 178/2006, de 5 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho, são da responsabilidade do produtor, que os deve enviar para empresas devidamente legalizadas e adequadas no tratamento, valorização e eliminação. Este deve também, incentivar as alterações na conceção do produto, de modo a melhorar a sua eco-eficiência e o seu *eco-design* para preservar os recursos naturais e diminuir a produção de resíduos.

Na gestão dos resíduos, devido à complexidade existente, foi necessário criar sistemas de gestão integrada que visa a sua classificação, caracterização, tratamento e valorização por fluxos de resíduos sujeitos a uma gestão específica pelas entidades gestoras.

As entidades gestoras surgem assim como responsáveis pelos sistemas integrados de gestão de determinados “fluxos específicos de resíduos” estando licenciadas para o efeito.

Neste subcapítulo são abordados os principais fluxos específicos de resíduos envolventes no âmbito deste projeto, fazendo uma breve descrição de cada um deles que se apresentam na Tabela 1.

Tabela 1 – Resumo dos principais fluxos de resíduos abordados.

Diploma	Descrição
Gestão de Embalagens e Resíduos de Embalagens	
<p>Decreto-Lei nº 366-A/97, de 20 de dezembro alterado pelos Decretos-Leis nºs 162/2000, de 27 de julho, 92/2006, de 25 de maio, 178/2006, de 5 de setembro, 73/2011, de 17 de junho, e 110/2013, de 2 de agosto.</p> <p>O Decreto-Lei nº 110/2013, de 2 de agosto que procede à quinta alteração do Decreto-Lei nº 366-A/97, de 20 de dezembro, e transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva nº 2013/2/UE, da Comissão, de 7 de fevereiro de 2013, que altera o anexo I à Diretiva n.º 94/62/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 20 de dezembro.</p>	<p>Este diploma aplica-se à gestão de embalagens e resíduos de embalagens, que define que embalagem são todos os produtos criados de qualquer tipo de material que permite utilizar em diferentes utilidades, sendo que este após a sua vida útil se transforma num resíduo de embalagem.</p> <p>Estes produtos quando colocados no mercado podem ser de origem doméstica, industrial, agrícola ou de comércio, incluindo escritórios, lojas e serviços.</p> <p>As embalagens podem ser classificadas como embalagem de venda ou embalagem primária, embalagem grupada ou embalagem secundária e embalagem de transporte ou embalagem terciária.</p> <p>A responsabilidade pela conceção da embalagem e pela gestão do resíduo resultante é do embalador/importador, responsável pela colocação do produto no território nacional.</p> <p>De forma a facilitar as operações de gestão, as embalagens podem indicar a natureza do ou dos materiais de embalagem utilizados, para efeitos de identificação e classificação pela respetiva indústria, de acordo com a numeração e as abreviaturas do sistema de identificação dos materiais de embalagem que estão mencionados no quadro I, do anexo II, do Decreto-Lei nº 92/2006, de 25 de maio (abordado no subcapítulo 3.1.2 do presente relatório).</p> <p>As entidades gestoras responsáveis por sistemas integrados de gestão destes resíduos de embalagens são:</p> <p>A Sociedade Ponto Verde que é a entidade gestora que abrange a gestão de resíduos de embalagens não reutilizáveis, independentemente da sua origem urbana ou não urbana;</p> <p>O SIGERU - Sistema Integrado de Gestão de Embalagens e Resíduos em Agricultura gerido pela Valorfito que é responsável</p>

Diploma	Descrição
	pela gestão de resíduos de embalagens de produtos fitofarmacêuticos.
Gestão de Resíduos de Equipamento Elétrico e Eletrónico	
<p>Decreto-Lei nº 67/2014, de 7 de maio, transpondo para o ordenamento nacional a Diretiva nº 2012/19/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 4 de julho de 2012, e revogar o Decreto-Lei nº 230/2004, de 10 de dezembro, alterado pelos Decretos-Leis nºs 174/2005, de 25 de outubro, 132/2010, de 17 de dezembro e 79/2013, de 11 de junho.</p>	<p>Este regime destina-se à gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), que são definidos como os equipamentos que contem correntes elétricas ou campos eletromagnéticos associados a equipamentos para o funcionamento dessas correntes e campos.</p> <p>A responsabilidade da gestão dos REEE é de todos os participantes do ciclo de vida dos equipamentos elétricos e eletrónicos (EEE).</p> <p>Os equipamentos elétricos e eletrónicos devido à sua diversidade são agrupados em 10 categorias. A lista indicativa das categorias dos EEE estão definidas no Anexo I do referido decreto-lei: os grandes e os pequenos eletrodomésticos, equipamentos informáticos e de telecomunicações, equipamentos de consumo, de iluminação, ferramentas elétricas e eletrónicas, brinquedos e equipamento de desporto e lazer, aparelhos médicos, instrumentos de monitorização e controlo e distribuidores automáticos.</p> <p>As operações de descontaminação e desmantelamento devem ser em condições seguras em termos ambientais e de saúde pública, tendo especial cuidado em separar as frações perigosas das não perigosas.</p> <p>Segundo o artigo 12º do referido decreto-lei relativo ao tratamento adequado de REEE é estabelecido que todos os fluidos devem ser removidos e ser realizado um tratamento seletivo de materiais e componentes, de acordo com o disposto no anexo V do referido decreto-lei, quando não se refere a preparação para reutilização, operações de valorização e reciclagem.</p>

Diploma	Descrição
	<p>A Amb3E – Associação Portuguesa de Gestão de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos e a ERP – Associação Gestora de Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos são as entidades gestoras deste fluxo de resíduos.</p>
Gestão de Veículos em Fim de Vida	
<p>Decreto-Lei nº 196/2003, de 23 de agosto, alterado pelos Decretos-Leis nºs 178/2006, de 5 de setembro, 64/2008, de 8 de abril, 98/2010, de 11 de agosto, 73/2011, de 17 de junho, e 1/2012, de 11 de janeiro, e Decreto-Lei nº 114/2013, de 7 de agosto.</p> <p>Decreto-Lei nº 114/2013, de 7 de agosto procede à sexta alteração ao Decreto-Lei nº 196/2003, de 23 de agosto, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva nº 2013/28/UE, da Comissão, de 17 de maio de 2013, que altera o anexo II à Diretiva nº 2000/53/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 18 de setembro de 2000.</p>	<p>Este diploma estabelece a gestão de veículos em fim de vida (VFV).</p> <p>As operações de gestão de VFV visam a criação de centros de receção, onde são armazenados para posteriormente serem desmantelados e proceder ao seu correto tratamento sem colocar em perigo a saúde pública e o ambiente. No seu desmantelamento, devem ser removidos todos os materiais perigosos, separá-los e identificá-los devidamente, de forma a não existir contaminação.</p> <p>A responsabilidade da gestão quando estes encerram o seu ciclo de vida é dos fabricantes ou importadores de veículos, bem como os consumidores, os detentores, os distribuidores, os municípios e outras entidades públicas, os operadores de receção, de armazenamento e de tratamento.</p> <p>O proprietário ou o detentor de um veículo em fim de vida ao entregar o VFV num centro de gestão de sistema integrado devidamente legalizado recebe um certificado de destruição no ato de entrega, sendo emitido um certificado de cancelamento por parte do centro de gestão que permite cancelar o registo do veículo nas autoridades competentes.</p> <p>Segundo o artigo 7º do referido decreto-lei, os fabricantes ou importadores de veículos devem identificar os componentes e materiais de veículos possíveis de reutilização e de valorização, segundo o anexo II que apresenta a nomenclatura das normas ISO de codificação aplicadas à rotulagem e identificação de componentes e materiais plásticos, com peso superior a 100 g, utilizados em veículos.</p>

Diploma	Descrição
	<p>A entidade gestora dos VFV é a VALORCAR - Sociedade de Gestão de Veículos em Fim de Vida.</p>
Gestão de Resíduos de Construção e Demolição	
<p>Decreto-Lei nº 46/2008, de 12 de março, alterado pelo Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho.</p>	<p>Este diploma gere as operações de resíduos resultantes de obras, de demolições, de edifícios e de derrocadas, atribuindo a designação de resíduos de construção e demolição (RCD).</p> <p>Foi publicada a Portaria nº 40/2014, de 17 de fevereiro, que veio definir as medidas para remoção de todos os materiais que contenham amianto, de forma ambientalmente correta e segura para o ambiente e saúde pública, tendo especial atenção no seu acondicionamento, transporte e gestão.</p> <p>O transporte de RCD deve ser acompanhado de guias específicas para este tipo de resíduos, de acordo com os anexos I e II da Portaria nº 417/2008, de 11 junho. O preenchimento destas guias deve ser realizado pelo produtor ou detentor que deve preencher os campos II, III e IV do modelo constante do anexo I ou os campos II e III do modelo constante do anexo II. Depois o transportador deve preencher o campo I do modelo apresentado do anexo I, e por fim, o destinatário deve confirmar a receção dos RCD pela assinatura dos campos respetivos.</p> <p>Os resíduos provenientes dos RCD devem dar cumprimento às disposições legais aplicáveis sendo triados por fluxos e fileiras de materiais, tais como resíduos de embalagens, de equipamentos elétricos e eletrónicos, óleos usados e pneus usados e resíduos contendo polibifenilos policlorados (PCB), com vista ao seu encaminhamento para reciclagem ou outras formas de valorização.</p> <p>Os RCD envolvem diferentes intervenientes no ciclo de vida, sendo que não existe entidades gestoras licenciadas para este fluxo.</p>

2.3. Opções de tratamento de resíduos

As alternativas atuais para o tratamento de resíduos de plásticos incluem, as operações de valorização material ou energética e as operações de eliminação com ou sem recuperação de energia.

As operações de valorização, segundo o Decreto-Lei nº178/2006, de 5 de setembro, alterado pelo Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho, incluem um conjunto de operações que permitem reaproveitar os materiais para serem utilizados como matéria-prima, transformando-os num novo produto. Este processo permite diminuir os impactos ambientais e preservar os recursos naturais.

As operações de eliminação visam dar um destino final adequado aos resíduos, que podem ser eliminados por incineração ou co-incineração e por deposição em aterros.

Incineração é um processo de tratamento térmico de resíduos, com ou sem recuperação do calor produzido pela queima (combustão) controlada dos resíduos. Este processo visa a redução do volume, a recuperação de energia e a estabilização dos resíduos. Quando o calor produzido é recuperado permite a transformação em energia elétrica ou simplesmente, o aproveitamento para aquecimento.

A co-incineração permite o tratamento de resíduos através da sua queima, utilizando combustíveis para serem valorizados energeticamente ou os resíduos são sujeitos à sua queima para seguirem para a respetiva eliminação.

A Diretiva nº 2010/75/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de novembro de 2010, veio estabelecer o licenciamento de instalações de incineração e co-incineração definindo valores-limite das emissões para a atmosfera, tendo sido transposto pelo Decreto-Lei nº 127/2013, de 31 de agosto.

Na preservação dos recursos, é importante evitar a deposição dos resíduos em aterro, dando prioridade à reciclagem ou valorização como melhores alternativas possíveis.

Face a esta problemática, os resíduos depositados em aterro contribuem para os efeitos negativos sobre o ambiente através da libertação do biogás para a atmosfera, dos lixiviados para o solo e águas superficiais e subterrâneas e riscos para a saúde humana.

A deposição dos resíduos em aterro é definida no Decreto-Lei nº 183/2009, de 10 de agosto, alterado pela segunda vez pelo Decreto-Lei nº 88/2013, de 9 de julho, transpondo para a ordem jurídica interna a Diretiva nº 2011/97/UE, do Conselho, de 5 de dezembro de 2011.

Os aterros segundo a legislação são classificados conforme o tipo de resíduos perigosos, não perigosos e inertes, sendo que só podem ser depositados resíduos em aterros que tenham sido

previamente tratados ou que cumpram com os critérios de admissão para a respetiva classe de aterro.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

3. Enquadramento Teórico

Nas últimas décadas, os plásticos tornaram-se numa das matérias-primas mais utilizadas pelo homem, que vieram mudar a vida da sociedade, apresentando-se no dia-a-dia nos mais diversos setores e com as mais variadas aplicações.

Estes, devido à sua diversidade e versatilidade, contribuem para a produção de novos produtos para a sociedade desenvolvendo o crescimento na economia, e proporcionando mais emprego, inovação e sustentabilidade.

Contudo, o seu consumo tem vindo a aumentar, devido às suas características muito atrativas que permitem boas condições de durabilidade e de baixo custo (Comissão Europeia, 2013).

3.1. Caracterização dos Plásticos

A palavra "plástico" deriva do adjetivo grego "*plastikos*", que significa maleável ou moldável. Os plásticos são materiais sintéticos ou derivados de substâncias naturais, obtidos, na sua maioria, a partir de resinas derivadas do petróleo. Estes são constituídos por um polímero e outras substâncias tais como, impurezas e aditivos. Os polímeros são macromoléculas de cadeia longa, constituídos de unidades estruturais, denominadas de monómeros, ligadas entre si quimicamente. Os polímeros sintéticos podem ser obtidos por polimerização de unidades estruturais, através de reações de condensação ou de adição.

Trata-se de uma reação química que permite a obtenção de moléculas longas mais ou menos ramificadas e apresentando uma organização em rede, linear ou em cadeia (Sousa, 2008).

3.1.1. Classificação dos materiais plásticos

Os polímeros podem se agrupar em diferentes categorias de acordo com a sua estrutura e ligação química, dependendo do modo como estão ligados e do seu comportamento, podendo ser divididos em termoplásticos, termoendurecíveis e elastómeros (Santos, 2009).

Os termoplásticos são um grupo de polímeros que possuem capacidade de ser aquecidos a elevadas temperaturas e modelados novamente por diversas vezes, devido à sua estrutura

macromolecular linear. Este processo permite a mudança física das suas características sem alterar as químicas, em que o processo é reversível e pode ser realizado várias vezes, portanto são recicláveis e reutilizáveis. Estes polímeros apresentam-se ao toque como maleáveis, rígidos ou até frágeis.

Exemplos de termoplásticos são (Santos, 2009):

- Polietileno (Alta Densidade (HDPE) e Baixa Densidade (LDPE));
- Politereftalato de Etileno (PET);
- Policloreto de Vinilo (PVC);
- Polipropileno (PP);
- Poliestireno (PS);
- Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS).

Os termoendurecíveis são um grupo de polímeros que uma vez moldados não podem ser aquecidos a elevadas temperaturas e moldados de novo devido à sua estrutura tridimensional. Estes são duros devido ao calor e às reações químicas, não devendo ser moldados novamente, pois degradam ou decompõem quando aquecidos a elevadas temperaturas, portanto, não são recicláveis. Estes polímeros são rígidos ao toque.

Exemplos de termoendurecíveis são (Santos, 2009):

- Epóxidos;
- Poliésteres;
- Fenólicos;
- Vinil ésteres.

Os elastômeros são um grupo de polímeros com propriedades elásticas elevadas, deformando-se quando são submetidos a ação de uma força. Esta deformação é reversível, voltando o material ao tamanho original. Este tipo de polímeros apresenta cadeias de macromoléculas enroladas que lhes permitem serem rígidos e muito flexíveis.

Exemplos de elastômeros são (Sousa, 2008):

- Borrachas;
- Pneus.









3.1.2. Métodos de identificação de tipologias de plásticos

A marcação das embalagens para identificação do tipo de plástico é uma ferramenta muito importante, devido à sua maioria ser separado manualmente e haver necessidade de saber qual o tipo de plástico presente para possibilitar e garantir a qualidade da reciclagem destes (Plastval, 2008).

O sistema de identificação dos materiais plásticos a fim de facilitar as operações de gestão e tratamento é apresentado no anexo II do Decreto-Lei nº 92/2006, de 25 de maio, estabelecido na Decisão nº 97/129/CE, da Comissão, de 28 de janeiro sendo que a sua utilização é voluntária e a marcação deve ser colocada na própria embalagem ou rótulo, visível e de fácil leitura.

Assim, os principais plásticos são identificados por códigos que se apresentam em símbolos triangulares compostos por três setas, contendo o número ou siglas inscritos no produto que indicam o tipo de material na produção de embalagens, como se pode verificar na Tabela 2.

Tabela 2 – Sistema de identificação dos materiais plásticos estabelecidos na Decisão nº 97/129/CE, da Comissão, de 28 de janeiro (Adaptado do: quadro I do anexo II do Decreto-Lei nº 92/2006, de 25 de maio).

Material	Abreviaturas	Numeração / Simbologia
Politereftalato de etileno	PET	
Polietileno de alta densidade	HDPE	
Policloreto de vinilo	PVC	
Polietileno de baixa densidade	LDPE	
Polipropileno	PP	
Poliestireno	PS	
Outros	Outros	 – 

Esta simbologia nem sempre é apresentada nos produtos, e por vezes um produto pode ter uma mistura de plásticos o que coloca dificuldades na sua identificação visual.

Contudo, existem testes simples que permitem a sua identificação quando não são marcados pelos códigos. Estes testes podem ser realizados por ensaios experimentais físicos e químicos, com o objetivo de apresentarem uma propriedade que destaque o tipo de plástico, e permita a sua separação (Plastval, 2008).

O esquema que se segue na Figura 2 mostra como se identifica o tipo de plástico pelos testes físico-químicos.

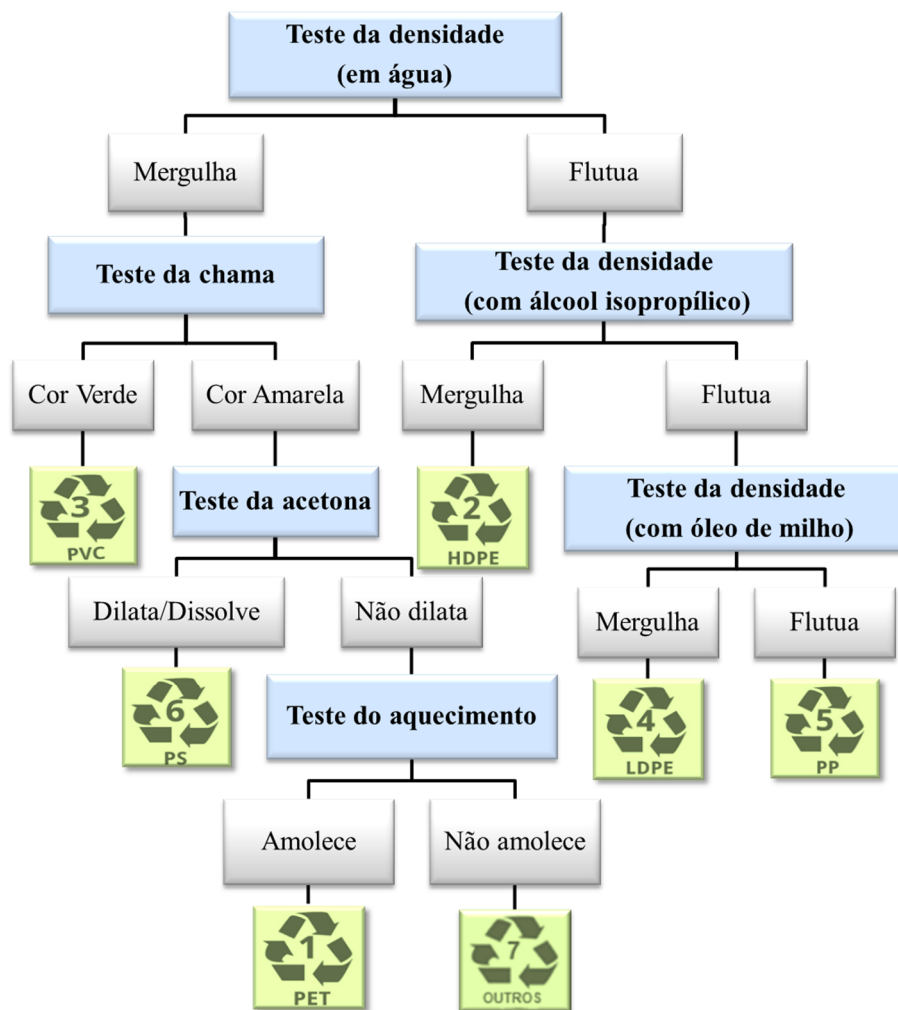


Figura 2 – Fluxograma para identificação de plásticos (Adaptado de: Lima, 2011).

A Tabela 3 apresenta as principais características e propriedades para a identificação dos plásticos, de acordo com o fluxograma apresentado na Figura 2.

Tabela 3 – Resumo das características e propriedades dos plásticos para a identificação dos resíduos plásticos (Paulo, 2012).

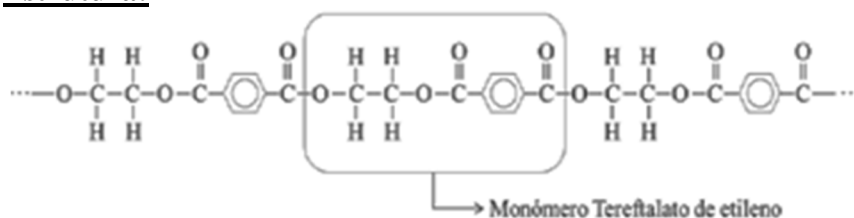
Características e propriedades	PET	HDPE	PVC	LDPE	PP	PS
Densidade em água (g/cm ³)	Mergulha	Densidade em água (g/cm ³)	Mergulha	Densidade em água (g/cm ³)	Mergulha	Densidade em água (g/cm ³)
Embranquecimento na dobra	Não	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Risca com a unha	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não
Temperatura de amolecimento / fusão (°C)	80 °C	120 °C	80 °C	120 °C	150 °C	80 a 100 °C
Chama / Fumo (cor)	Chama amarela/laranja. Fumo negro. Faz fibra.	Chama azul com topo amarelo. Fumo branco.	Chama amarela. Extremidade de esverdeada.	Chama azul com topo amarelo. Fumo branco.	Chama azul com topo amarelo.	Chama laranja. Fumo negro intenso.
Continua a arder sem a chama	Sim	Sim (ou extinção lenta)	Não (difícil ignição)	Sim (ou extinção lenta)	Sim	Sim
Cheiro	Adocicado	Cera / Parafina	Irritante	Cera / Parafina	Amargo / gasóleo	Estireno

3.1.3. Tipos de materiais plásticos

Os plásticos mais comuns utilizados na indústria, classificados conforme a sua estrutura são descritos brevemente de seguida (Albuquerque, 1990); (Esgalhado & Rocha, 2002):

➤ Politereftalato de etileno - PET

Estrutura:



- Polímero termoplástico;
- Produzido a partir de ácido tereftálico e etileno glicol.

Características:

- Boa resistência térmica, química e mecânica;
- Facilidade de processamento;
- Aparência nobre (brilho e transparência) e leve;
- Baixo custo de produção;
- Fácil reciclabilidade;

Aplicações (Figura 3):

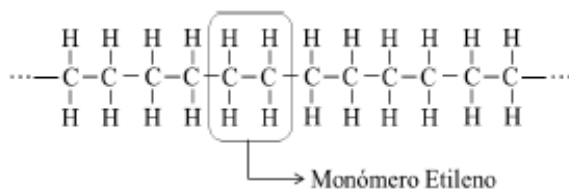
- Embalagens para refrigerantes, águas e sumos;
- Embalagens para produtos alimentares, de limpeza, cosméticos e farmacêuticos;
- Filmes (para adesivos, por exemplo, etc.);
- Fibras têxteis.



Figura 3 – Exemplos de materiais PET.

➤ **Polietileno de Alta Densidade - HDPE**

Estrutura:



- Polímero termoplástico;
- Constituído por: Cadeia longa linear de carbono e hidrogénio.

Características:

- Alta resistência química, à abrasão, tração, fluência e ao impacto;
- Baixo coeficiente de atrito, superfície suave;
- Resistência a baixas temperaturas;
- Baixo custo;
- Boa rigidez comparando com o LDPE;
- Ótimas características elétricas;
- Fácil de produzir e de moldar.

Aplicações (Figura 4):

- Embalagens para alimentos; produtos têxteis, cosméticos;
- Embalagens descartáveis;
- Tampas de refrigerantes;
- Sacos de plástico;
- Garrafões de água, detergentes;
- Brinquedos e eletrodomésticos.



Figura 4 – Exemplos de materiais HDPE.

Características:

- Bom isolante elétrico;
- Transparente, flexível e impermeável;
- Leveza;
- Baixo custo;
- Fácil processamento;
- Baixa dureza (fácil de quebrar e flexível);
- Boa resistência química, à tração e ao impacto.

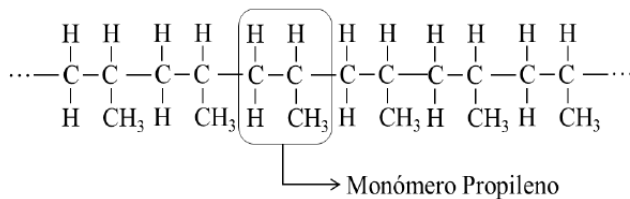
Aplicações (Figura 6):

- Filmes plásticos;
- Sacos industriais e domésticos;
- Embalagens flexíveis e recipientes;
- Isolamento de fios elétricos;
- Cobertura para agricultura e construção;
- Brinquedos.



Figura 6 – Exemplos de materiais de LDPE.

➤ **Polipropileno - PP**



- Polímero termoplástico;
- Constituído por monómeros de propileno.

Características:

- Elevada resistência química e solventes;
- Bom isolante elétrico;
- Fácil processamento, coloração e moldagem;
- Baixo custo;
- Capacidade de conservar o aroma;
- Resistentes às mudanças de temperatura;
- Resistente à fratura por flexão ou fadiga;
- Brilhante e leve.

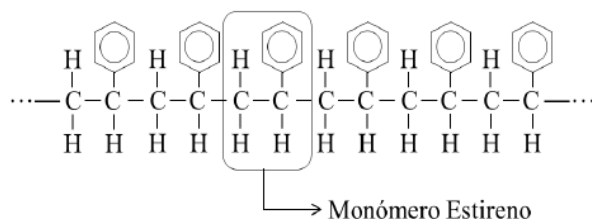
Aplicações (Figura 7):

- Embalagens para alimentos e para a indústria;
- Utensílios domésticos;
- Caixas e caixotes plásticos;
- Tampas de refrigerantes;
- Produtos hospitalares descartáveis;
- Tubos, fios e cabos;
- Peças para indústria automóvel.



Figura 7 - Exemplos de resíduos de PP.

➤ Poliestireno - PS



- Polímero termoplástico;
- Constituído por monómeros de estireno.

Características:

- Fácil processamento e baixo custo;
- Impermeável e leve;
- Rígido, brilhante e frágil;
- Baixa resistência ao impacto;
- Baixa densidade e absorção de humidade;
- Baixa resistência a solventes, gorduras e calor;
- Bom isolante elétrico.

Aplicações (Figura 8):

- Copos e pratos descartáveis;
- Embalagens para iogurtes, gelados e doces;
- Utensílios de plástico;
- Aparelhos de barbear descartáveis;
- Produtos para construção civil;
- Aparelhos elétricos;
- Brinquedos.



Figura 8 – Exemplo de resíduos de PS.

➤ Outros

Neste grupo estão classificados os outros tipos de plásticos diferentes dos indicados acima, assim como eventuais misturas.

Exemplos (Figura 9):

Poliuretano (PU), policarbonato (PC), poliestireno expandido (EPS), poliamida (PA), acrilonitrila butadieno estireno (ABS), polimetilmetacrilato (PMMA), resinas fenólicas, entre outros.

Características:

- Flexibilidade;
- Leveza;
- Resistência à abrasão;
- Possibilidade de *design* diferenciado.



Figura 9 – Exemplo de outros resíduos.

3.1.4. Propriedades dos plásticos

Atualmente o plástico está presente nos mais diversos contextos da vida quotidiana, pois o seu desenvolvimento é devido ao uso do material plástico e principalmente, às suas características e propriedades distintas.

Os plásticos têm como características gerais (Esgalhado & Rocha, 2002):

- Transparência;
- Leveza;
- *Design* diferenciado;
- Custo reduzido;
- Facilidade de colorir;
- Flexibilidade e menor fragilidade (comparando com outros materiais);
- Bom isolamento térmico.

Os plásticos são em geral materiais leves quando comparados com outros materiais, sendo esta uma característica comum a todos os tipos de plásticos que faz deste material ser uma das escolhas preferíveis na elaboração de um produto.

Segundo o seu comportamento mecânico, os plásticos são caracterizados como viscoelásticos, devido ao carácter viscoso ou elástico que apresentam consoante a aplicação de tensões ou deformações dependente do tempo de aplicação.

Relativamente às propriedades térmicas, estes são bons isolantes térmicos porque apresentam baixa condutividade de calor. Quando expostos ao calor, os polímeros sofrem degradação dos materiais devido às diferenças de temperatura (alternando entre calor e frio), em que quando sujeito ao calor a resistência do material diminui e quando arrefecem tornam-se mais frágeis.

Como propriedades elétricas, os polímeros possuem boas propriedades de isolamento elétrico pois são maus condutores de eletricidade.

Estes materiais são impermeáveis devido às suas características de resistência à absorção da água e aos agentes químicos. As propriedades óticas dos polímeros permitem verificar se o tipo de plástico é transparente ou colorido (Esgalhado & Rocha, 2002).

3.1.5. Aditivos: modificadores das propriedades dos plásticos

O plástico, após o processo de polimerização ou de granulação ou de transformação em

produto, pode-lhe ser introduzido aditivos que permitem dar um acabamento com características pretendidas ao produto final (Sousa, 2008). Na Tabela 4 são apresentados os principais aditivos dos plásticos.

Tabela 4 – Descrição dos principais aditivos dos plásticos (Esgalhado & Rocha, 2002).

Aditivo	Descrição
Corantes e Pigmentos	Permitem melhorar a aparência dando cor ao material.
Plastificantes	Aumentam a flexibilidade devido às suas características mecânicas, de forma a diminuir a fragilidade do produto acabado.
Estabilizadores	Evitam a degradação ou envelhecimento dos plásticos por agentes físicos e químicos (calor, radiação UV,...), protegendo dos efeitos nocivos da luz solar e do calor.
Cargas	Otimizam as propriedades a um custo mínimo, sendo que as cargas de reforço melhoram a resistência mecânica dos produtos e as cargas inertes permitem diminuir os custos de produção.
Agentes anti-estáticos	Reduzem poeiras devido ao efeito electrostático à superfície, por forma a aumentar a condutividade dos materiais.
Retardadores de chama	Possibilitam a redução ou eliminação do processo de combustão contribuindo para a resistência à chama.
Reforços	Aumentam a resistência e a rigidez do material, melhorando as suas propriedades.
Agentes de formação de espumas	Produzem um gás que atua como agente espumante, podendo ser gerado por reação química ou por volatilização.
Lubrificantes	Facilitar o processo de ejeção do produto no molde, reduzindo a viscosidade na transformação dos plásticos.

3.1.6. Métodos de Processamento de Plásticos

Os plásticos podem ser moldados por diversos processos de transformação, sendo os principais a extrusão, a injeção, o sopro, a rotomoldagem e a termoformação, os quais se discriminam de seguida:

Processo de extrusão – É um processo contínuo através do qual o produto polimérico fundido passa por uma rosca extrusora, no qual é enformado, sendo posteriormente arrefecido

e solidificado.

Processos de injeção – Na moldagem por injeção os grânulos da matéria-prima são comprimidos, aquecidos até à fusão e injetados num molde. No processo de injeção as moléculas são orientadas paralelamente à direção do fluxo.

Processo de Sopro – A matéria-prima é amolecida pelo calor, sendo depois envolvida pelo molde, onde é injetado ar para forçar o material a expandir em direção às paredes do molde. Após o arrefecimento o produto final é extraído do molde.

Processo de Rotomoldagem – Este processo é realizado por introdução do plástico em forma de grãos no molde, depois é fechado o molde e levado ao forno. Este molde é girado vertical e horizontalmente, por forma a distribuir a matéria-prima no início da fusão sobre as paredes do molde. Após arrefecido o produto é retirado do forno e do molde.

Processo de Termoformação – Aquecimento de folhas/chapas plásticas, perto da fusão introduzido no molde fixado numa prensa, forçando-a preencher até às paredes do molde e depois é arrefecido por um fluido (geralmente a água) e ficando com a forma do molde para ser extraído (Paulo, 2012).

3.2. Produção/Consumo de Plásticos

A produção e o consumo de plásticos têm vindo a crescer a um ritmo acelerado devido aos avanços tecnológicos, novas soluções de *design*, melhorias no desempenho ecológico e economia de custos. Este desenvolvimento conduziu à geração de um elevado volume de resíduos, resultantes dos sectores da economia, saúde, elétrico, aeroespacial, automotivo, marítimo, construção, eletrónica, embalagem ou têxtil (Comissão Europeia, 2013).

De acordo com a Associação Europeia da Indústria dos Plásticos (PlasticsEurope), em 2013, a produção mundial de plástico foi de cerca de 299 milhões de toneladas, o que significa um aumento de 3,9% em relação a 2012. A produção europeia de materiais plásticos em 2013 manteve-se relativamente a 2012 nos 57 milhões de toneladas. Na Figura 10 apresenta-se a produção de plásticos ao longo dos anos no mundo e na europa (The Facts 2014/2015, 2015).

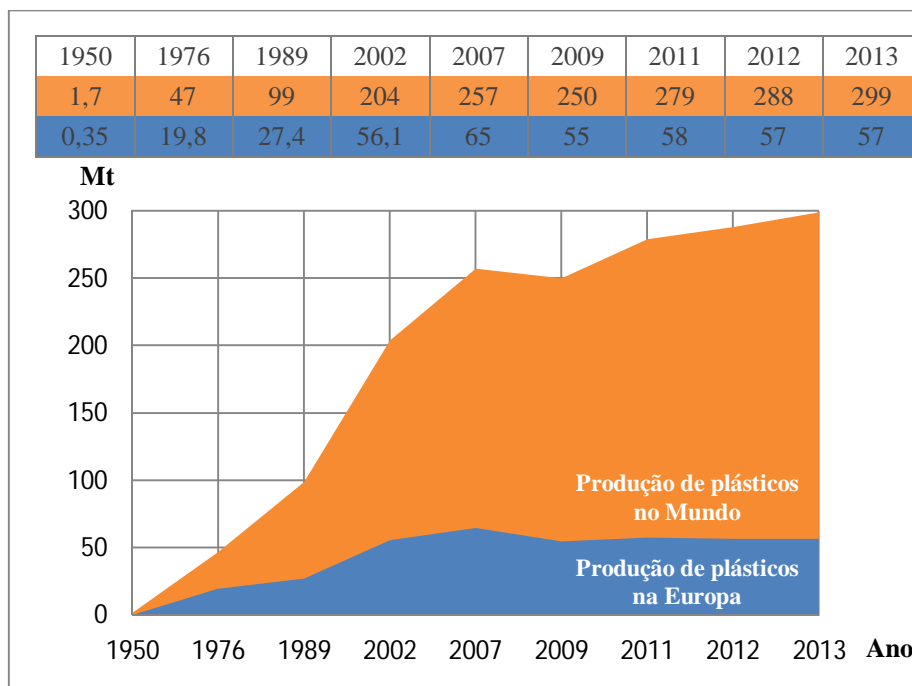


Figura 10 – Produção de plásticos no mundo e na Europa desde 1950 até 2013 (Adaptado de: The Facts 2014/2015, 2015; The Facts 2013, 2013).

Na Europa, os três maiores setores de aplicação/utilização de plásticos são o das embalagens que representa cerca de 39,6%, seguido do setor da construção civil com 20,3% e em terceiro o setor automóvel com uma percentagem de 8,5% da procura total, como se pode verificar na Figura 11 (The Facts 2014/2015, 2015).

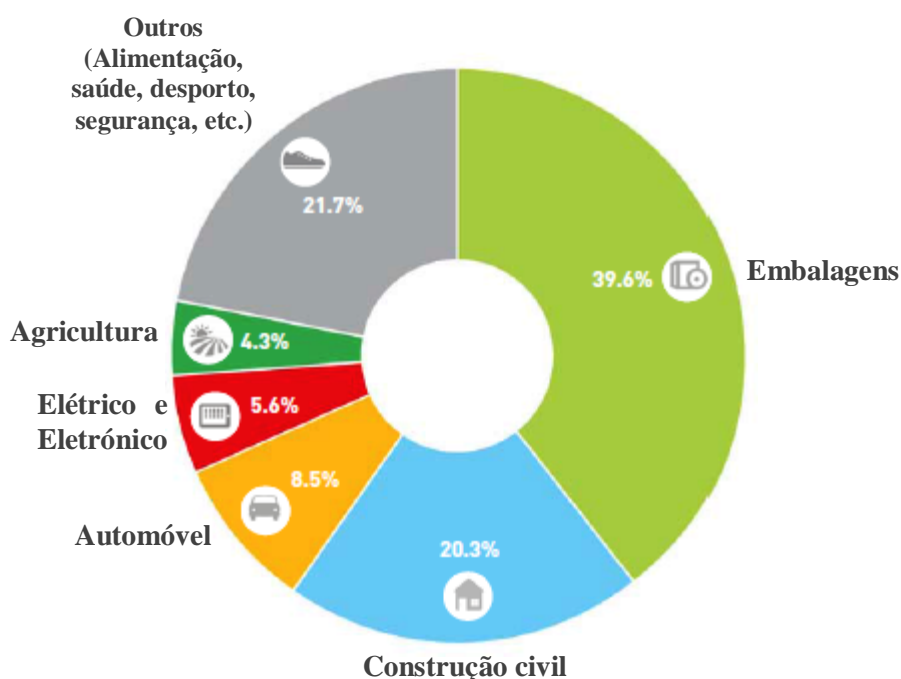


Figura 11 – Áreas de Aplicação dos plásticos na Europa em 2012 (Adaptado de: The Facts 2014/2015, 2015).

Diariamente, em toda a Europa são produzidos em grande escala todos os tipos de plásticos para diversos setores que após a sua utilização necessitam de ser transportados e tratados.

Em 2005, a PlasticsEurope, iniciou um projeto “Zero Plásticos para aterros em 2020” que visa reduzir os 10 milhões de toneladas de resíduos de plástico que são depositados em aterros todos os anos na UE até 2020. Este projeto tem como objetivo “Zero Plásticos para aterros em 2020”, pelo que precisa de aplicar medidas para diminuir os resíduos para aterro. Segundo a PlasticsEurope, no ano de 2012, cerca de 25,2 milhões de toneladas de resíduos plásticos pós consumo, 38% foram depositados em aterro e os restantes 62% foram valorizados (The Facts 2014/2015, 2015).

A estratégia de gestão de resíduos segundo a PlasticsEurope, como primeira prioridade, o reuso dos plásticos seguido de reciclagem sustentável sempre que possível. Se isso não for possível, em seguida, o plástico deve ser usado como um substituto de combustíveis fósseis para a recuperação eficiente de energia.

Segundo a PlasticsEurope, alguns países, como a Bélgica, Alemanha, Noruega já conseguiram ter progressos nesta matéria, sendo que outros países, no entanto, continuam a enviar para aterro uma grande percentagem deste tipo de resíduos. Esta iniciativa tem como objetivo também o diálogo com todos os países da Europa por forma a discutir ideias e formas de resolver esta problemática dos resíduos plásticos (Plastics Europe, 2014); (Comissão Europeia, 2013). Neste sentido, na Figura 12, apresenta-se o panorama de como já progrediu e se prevê evoluir a deposição de resíduos plásticos em aterro.

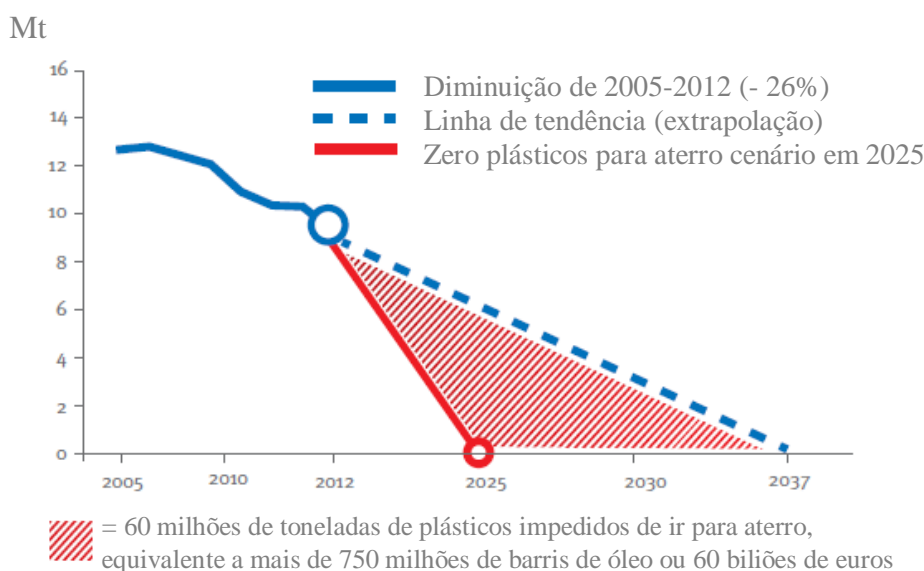


Figura 12 – Panorama dos resíduos plásticos depositados em aterro na Europa (The Facts 2014/2015, 2015).

Face a esta situação, é importante criar estratégias para melhorar a gestão dos resíduos de plástico na europa, para que as empresas de gestão de resíduos vão ao encontro do projeto e as políticas ambientais ajudem nesse sentido.

Ciclo de vida do plástico e *eco-design* do produto

A avaliação do ciclo de vida permite a análise dos aspetos ambientais e dos seus potenciais impactes associados a um produto. As etapas do ciclo de vida vão desde a extração das matérias-primas da natureza que entram no sistema produtivo até ao produto final (Plastics Europe, 2014). O ciclo de vida do plástico apresenta-se na Figura 13.



Figura 13 – Ciclo de vida do plástico (Adaptado de: Trinseo, 2014).

O ciclo de vida do plástico inicia-se pela extração da matéria-prima que é originada a partir do petróleo. Depois da sua extração, segue para produção do plástico onde se processam vários tipos de polímeros. O plástico continua para transformação industrial onde são fabricados produtos, que são transportados e distribuídos para consumo. Após a sua utilização, o produto pode ser reutilizado, mas com o seu fim de vida útil, torna-se num resíduo que segue para destino final podendo ir para reciclagem, para recuperação energética ou para aterro sanitário.

Na reciclagem o resíduo plástico pode ser separado e tratado voltando a ser transformado num novo produto.

Esta análise do ciclo de vida do plástico permite assim identificar e quantificar, ao longo das etapas, nomeadamente, o gasto dos recursos naturais não renováveis, a contaminação do solo e da água, as emissões de gases causadores do efeito de estufa, a geração de efluentes e os gastos de energia.

No sentido de reduzir os impactes ambientais e gerar produtos e processos mais eficientes sob o ponto de vista da sustentabilidade, surge o conceito de *eco-design* do produto. Este conceito veio sendo adotado por empresas de forma a assegurar que os seus sistemas de produção, produtos e serviços têm como base uma visão sustentável.

As estratégias utilizadas no *eco-design* do produto são a redução do consumo de materiais; seleção de materiais de baixo impacte ambiental; otimização das técnicas de produção e de distribuição eficiente; incentivo para uma utilização racional e apropriada; aumentar durabilidade do produto; e otimização do fim de vida procurando a melhor disposição final (Forlin & Faria, 2002).

3.3. Reciclagem e valorização dos resíduos plásticos

A reciclagem é um processo de reaproveitamento de materiais como matéria-prima para transformação de produtos novos. Uma vez, que permite valorizar os materiais, evitar a sua deposição em aterro e reduzir o consumo de recursos naturais (Santos, 2009).

Após o fim de vida útil dos produtos, a gestão destes torna-se necessária por se considerarem como resíduos, que têm 3 opções principais de recuperação diferentes, a reciclagem mecânica, química e energética.

3.3.1. Reciclagem Mecânica

A reciclagem mecânica consiste na transformação de resíduos plásticos por processos mecânicos, que permitem transformá-los em grânulos que são utilizados como matéria-prima para posteriormente originar novos produtos.

Estes resíduos são provenientes de várias origens, apresentando contaminação e vários tipos de plásticos pelo que deve ser realizada uma boa separação e limpeza, de forma a serem

reaproveitados.

Este tipo de reciclagem tem como etapas principais de separação e tratamento, como se pode verificar na Figura 14 (Letras, 2008).

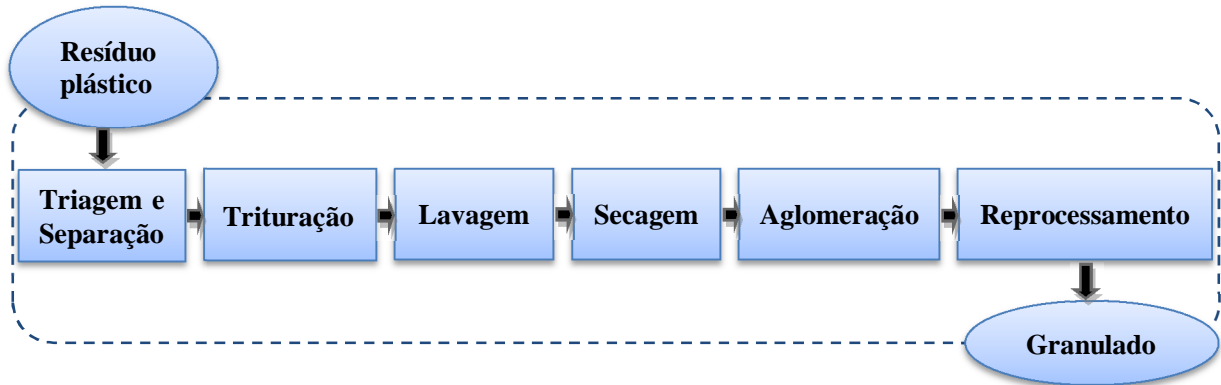


Figura 14 – Esquema das principais etapas da reciclagem mecânica (Adaptado de: Faria, 2011).

A triagem e separação dos resíduos plásticos são realizadas principalmente, de modo manual ou por métodos automáticos, separando e selecionando por tipo de polímero, por cor (plástico transparente do plástico colorido) ou aspeto. A separação tem em consideração a origem dos resíduos, pois define os processos de tratamento e valorização seguintes, devido à quantidade de impurezas que o material apresenta, nomeadamente, rótulos, tampas e contaminantes (Faria, 2011).

Na Tabela 5 são abordados os principais métodos de separação dos resíduos plásticos, que visam uma melhor valorização.

Tabela 5 – Métodos de separação dos resíduos plásticos.

Método de Separação		Descrição	Aplicação/ Vantagens	Limitações
Separação Manual		Consiste na separação manual dos resíduos plásticos ao longo de tapetes rolantes, sendo que os colaboradores vão identificando e separando visualmente por diferentes tipos de plásticos (Gaiker & Kc, 2005).	<ul style="list-style-type: none"> • Permite otimizar a qualidade de separação. 	<ul style="list-style-type: none"> • Método de trabalho muito intensivo para os colaboradores. • Pouco eficiente para classificar/ separar os diferentes tipos de plásticos (Edward A Bruno, 1997).
Separação automática	Separação Float-Sink	Método que consiste em colocar os materiais plásticos num tanque com um fluido com densidade intermédia. Os materiais, menos densos que o fluido flutuam e os mais densos afundam. Os fluidos mais comuns são: água (para a separação de poliolefinas a partir de outros plásticos), misturas de água / metanol (para a separação de polímeros com densidades específicas baixas), soluções de Na Cl e ZnCl ₂ (para polímeros com densidades específicas elevadas) (Scheirs, 1998).	<ul style="list-style-type: none"> • Usado para separação de poliolefinas do PET e PVC, utilizando água. • Permite a remoção de sujidades (papel e partículas) dos materiais plásticos, devido a este método incluir uma pré-lavagem (Gaiker & Kc, 2005). 	<ul style="list-style-type: none"> • Separação pode ser lenta, difícil de controlar e resulta em materiais de baixa pureza (Gaiker & Kc, 2005). • A eficiência de separação é limitada se a mistura de plásticos tiver densidades semelhantes (Xiuli Qu and Stuart Williams, 2006).
	Separação por Flotação	Neste processo os materiais plásticos a separar são colocados num tanque com água. À mistura de materiais e à água são adicionados um ou mais reagentes para modificar a tensão superficial dos materiais, de modo a promover a sua adesão seletiva às bolhas de ar. Estas agregam-se à superfície do material, formam uma camada de espuma. O resultado é a separação de materiais hidrofílicos de hidrofóbicos. (Gaiker & Kc, 2005).	<ul style="list-style-type: none"> • Permite separar PVC e PET, adicionando um reagente que modifica a superfície do PET, fazendo com que ele apresente mais afinidade pela água do que o PVC. Em seguida, as bolhas geradas no sistema permitem que o PVC flutue (Scheirs, 1998). 	<ul style="list-style-type: none"> • Tem um custo elevado (Scheirs, 1998). • A seletividade pode ser difícil de alcançar. • Exigência de um reagente para modificar os plásticos. • Separação de apenas um componente de cada vez (Bezati, Froelich, Massardier, & Maris, 2011).
	Separação centrífuga / Hidrociclone	Método de separação que utiliza o princípio da força centrífuga para misturas de plásticos diferentes. Os materiais são introduzidos num reservatório cónico em conjunto com água criando um movimento circular ao longo do reservatório. Devido a este processo os materiais são divididos em partículas de	<ul style="list-style-type: none"> • O método consegue eficiência de mais de 99,5% de pureza. • A separação é rápida e tem uma elevada 	<ul style="list-style-type: none"> • Eficiência limitada se o tamanho das partículas não for uniforme ou as densidades dos materiais plásticos seja semelhante

Método de Separação	Descrição	Aplicação/ Vantagens	Limitações
	baixa densidade que são transportadas para cima, enquanto as partículas mais densas acabam na parte inferior do reservatório (Neidel & Jakobsen, 2013).	seletividade, obtida por rotação de alta velocidade (Gaiker & Kc, 2005).	(Xiuli Qu and Stuart Williams, 2006).
Separação electroestática	Separa os materiais com base no fenómeno triboelétrico, que é a passagem de eletrões a partir de uma partícula para a outra, pelo seu friccionamento. Após esta etapa, os plásticos carregados, formam um campo elétrico, em que os componentes são separados por electroestática em frações puras de acordo com as suas diferentes cargas. Os materiais plásticos negativos são atraídos para um eletrodo positivo, enquanto os materiais positivos são transferidos para um eletrodo negativo (Gaiker & Kc, 2005).	<ul style="list-style-type: none"> • Evita problemas com contaminantes, tais como sujidades. • Separa polímeros de densidades semelhantes, por exemplo PE e PP (Gaiker & Kc, 2005). 	<ul style="list-style-type: none"> • Difícil controlar a força gravitacional que atua sobre as partículas que caem (Gaiker & Kc, 2005). • Requer uma superfície de plástico seca e limpa (Bezati, Froelich, Massardier, & Maris, 2011).
Espectroscopia de fluorescência de raios-X (XRF)	Os materiais são expostos a um espectro de fluorescência de raios-X que utiliza radiação de raios-X para excitar os materiais. Os elementos individuais presentes nos materiais emitem os seus raios-X característicos (fluorescentes). Através desta análise é capaz de detetar a presença de átomos, determinando qualitativa e quantitativamente quais os elementos que estão presentes no material (Junior, Silva, & Deus, 2013). Este método permite detetar átomos presentes tais como o Cl, Br, Cd, Pb, etc., bem como aditivos através da exposição dos plásticos desconhecidos à radiação de determinado comprimento de onda (Santos, 2009).	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação de resíduos de PVC; • Deteta a presença de outros resíduos entre os resíduos plásticos; • Detecção de materiais escuros (Santos, 2009). 	<ul style="list-style-type: none"> • Não é possível identificar as famílias de polímeros, uma vez que são constituídos pelos mesmos elementos. Só é usado para a separação de PVC a partir de PET (Bezati, Froelich, Massardier, & Maris, 2011).
Espectroscopia de transmissão de raios-X (XRT)	Esta tecnologia é semelhante ao XRF contudo, identifica e separa os resíduos plásticos com base na sua densidade atómica (American Plastics Council, 1997).	<ul style="list-style-type: none"> • Identificação de resíduos de PVC; • Independente da cor e da poluição em diferentes tipos de materiais (American Plastics Council, 1997). 	<ul style="list-style-type: none"> • O feixe de deteção pode dispersar, o que impede que o sensor de obter uma leitura sobre o outro lado, devido à sobreposição dos materiais (American Plastics Council, 1997).
Espectroscopia de infravermelho próximo (NIR,	Consiste na exposição dos materiais a radiação NIR, em que o plástico absorve a luz de uma forma característica, que é detetada pelos sensores, quando esta radiação é refletida pela superfície do plástico, são medidas as bandas de absorção características do plástico. Estas medições são depois comparadas com espectros de referência para	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidade rápida de identificação de polímeros transparentes ou levemente coloridos. • Identificação de 	<ul style="list-style-type: none"> • Incapacidade de identificar plásticos de cor escura pois a radiação é totalmente absorvida por este tipo de material.

Método de Separação	Descrição	Aplicação/ Vantagens	Limitações
near infra red	determinação do tipo de polímero (Santos, 2009).	diferentes tipos de polímeros. • Identificação de estruturas de compósitos ou objetos com camadas múltiplas de diferentes materiais (Santos, 2009).	• Não é possível identificar HDPE de LDPE (Xiuli Qu and Stuart Williams, 2006).
Espectroscopia de infravermelho médio (MIR, mid infra red)	O método na identificação de materiais plásticos MIR, permite uma aplicação complementar ao método de identificação NIR. Sendo que o seu funcionamento é idêntico mas altera a sua gama de radiação, permitindo assim a identificação de outros materiais plásticos (Scheirs, 1998).	• Tecnologia que pode identificar plásticos escuros. • Identificação de plásticos de engenharia, tais como componentes automotivos (Gaiker & Kc, 2005).	• Não pode ser utilizado para a identificação de alta velocidade e não é possível identificar de forma confiável material plástico com diferentes condições de superfície, tais como pinturas, superfícies ásperas, etc. (Bezati, Froelich, Massardier, & Maris, 2011).
Espectroscopia Raman	Este método é realizado segundo o princípio de dispersão da luz, em que um feixe incidente passa através de um absorvente, fazendo com que vá perdendo energia e manifestando a dispersão da luz no espaço que rodeia a amostra. Este espectro de Raman é realizado dirigindo o comprimento de onda da luz e a recolha da luz difusa resultante a partir de moléculas (Gaiker & Kc, 2005).	• Identifica de forma rápida e confiável uma vasta gama de tipos de polímeros, independentemente das suas cores (Xiuli Qu and Stuart Williams, 2006).	• Não consegue identificar superfícies pretas ou de cor escura. • Custo elevado e tempo de resposta lento (Scheirs, 1998).

Quando os resíduos de plástico encontram-se muito sujos e contaminados pode ser necessário, por vezes, proceder a uma pré-lavagem para limpar, retirar rótulos e reduzir o odor. Esta operação é facultativa e em função da necessidade de remoção de sujidade, pois os plásticos mais “complicados” são normalmente provenientes da agricultura e pesca, entre outros.

Os plásticos selecionados seguem para trituração, por forma a serem fragmentados e moídos em partes menores.

Após triturados, os plásticos passam por um processo de lavagem, onde é realizado a limpeza do material, para serem retirados nomeadamente contaminantes, papel e areias. Nesta etapa é utilizada água, e também pode ser adicionado algum aditivo, dependendo da quantidade de contaminação ou sujidade dos resíduos para uma limpeza mais eficaz.

Após a lavagem, é importante a secagem do material, de modo a eliminar o excesso de água que o material moído contém. A secagem pode ser realizada por meios térmicos ou mecânicos, em que os equipamentos de secagem consistem no aquecimento de ar que é forçado a passar por centrifugação ou contra-corrente para o material moído, removendo o máximo de humidade possível.

Depois da secagem, o material plástico passa pela etapa de aglomeração onde é condensado no aglutinador e fragmentado de forma a originar uma massa plástica pela ação do atrito e o aumento da temperatura. Nesta etapa também é possível ser feita a inclusão de aditivos no material, como cargas, pigmentos e outros.

Por fim, é realizado o reprocessamento do material plástico por extrusão. Em que a massa plástica é fundida na extrusora resultando pequenos filamentos que depois de arrefecidos em água seguem para corte num granulador, transformando-os em pequenos grânulos (Spinacé & Paoli, 2005); (Letras, 2008).

3.3.2. Reciclagem Química

A reciclagem química ou de matéria-prima é um processo em que os resíduos plásticos são destruídos e transformados em novos produtos (monómeros) ou misturas de hidrocarbonetos, por meio de processos termoquímicos, que são aproveitados como matéria-prima para indústrias petroquímicas (Sousa, 2008).

Este tipo de reciclagem é geralmente indicado para resíduos misturados por diferentes tipos de materiais e para material contaminado com outras substâncias, pois a sua separação é menos rigorosa.

A reciclagem química ocorre através de processos, Figura 15, de despolimerização química por solvólise ou despolimerização (metanólise, glicólise, alcólise), ou por processos térmicos (pirólise, gaseificação, hidrogenação) ou ainda por métodos térmicos/catalíticos (pirólise, catalisadores seletivos e hidrocraqueamento) (Pinto & et al., 2012).



Figura 15 – Esquema dos processos da reciclagem química dos resíduos plásticos (Adaptado de: Pinto & et al., 2012).

Os processos de reciclagem química mais comuns são os de tratamento térmico, tais como:

Hidrogenação: Processo em que as cadeias de moléculas dos plásticos são quebradas por ação do hidrogénio e do calor, obtendo-se hidrocarbonetos leves como metano, etano, propano e mistura de hidrocarbonetos (Fogaça, 2011).

Gaseificação: Processo em que os resíduos plásticos a altas temperaturas na presença de ar ou oxigénio são transformados num gás de síntese que tem hidrogénio e monóxido de carbono. Este gás permite originar gás natural, metano, entre outros produtos químicos (Gershman & Bratton, 2013).

Pirólise: Processo de quebra das moléculas dos plásticos por aquecimento, sem a presença de ar ou oxigénio, que resulta em frações de hidrocarbonetos que podem ser utilizados, como combustíveis ou como matéria-prima nas indústrias petroquímicas.

Este processo pode ser aplicado na presença de vários tipos de plásticos e com algum grau de contaminação (Spinacé & Paoli, 2005).

3.3.3. Valorização Energética

A valorização energética é um processo de recuperação dos resíduos de plástico que consiste na sua combustão para obter energia através dos processos térmicos, permitindo reduzir o volume dos resíduos de modo a aproveitar a energia da sua queima em condições controladas sob forma de calor, emissões gasosas e água.

Este tipo de reciclagem é a última forma de valorização antes da deposição em aterro, pois consegue aproveitar a energia gerada como combustível na geração de energia elétrica (Corrêa, 2012).

A queima de plásticos diminui o uso de combustíveis e consequentemente leva a uma economia dos recursos naturais, sendo que a energia incluída em 1 kg de plástico é equivalente à abrangida em 1 kg de petróleo bruto (Spinacé & Paoli, 2005).

A recuperação de energia por Combustível Derivado de Resíduos (CDR) é uma opção preferida para a utilização de resíduos de plástico, quando a sua reciclagem como matéria-prima para a fabricação do produto não é possível devido às suas propriedades físicas.

O Combustível Derivado de Resíduos (CDR) é um combustível alternativo produzido a partir de frações de refugo das unidades de triagem, do tratamento mecânico e do tratamento mecânico e biológico de resíduos, que são compostos por resíduos de plástico e outros materiais, da eventual mistura com frações de outros tipos de resíduos não perigosos de origens não urbanas.

Esta utilização de CDR pode permitir a substituição de combustíveis fósseis na geração de eletricidade, como por exemplo na incineração ou co-incineração, de forma a recuperar a energia, a gerir recursos e resíduos de forma eficiente, nomeadamente, através do desvio de resíduos de aterro e da utilização enquanto combustível alternativo (Chiemchaisri, Charnnok, & Visvanathan, 2010).

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

4. Caso de estudo: ABResíduos

Neste capítulo é apresentado o caso de estudo que visa a caracterização, descrição, gestão e encaminhamento dos resíduos plásticos de uma empresa de gestão e valorização de resíduos industriais. Grande parte da informação fornecida, neste capítulo foi obtida através de várias visitas à empresa e por recolha de informações no local.

4.1. Caracterização da empresa

A ABResíduos é uma empresa cuja atividade inclui a gestão e valorização de resíduos industriais. Esta tem como missão contribuir para o desenvolvimento sustentável e para a competitividade dos seus clientes através de soluções personalizadas de gestão global de resíduos.

A empresa está licenciada e vocacionada para prestar serviços adequados às necessidades das empresas e organismos públicos, estando devidamente legalizada e o qual inclui a realização das seguintes operações de gestão de resíduos (ABResíduos, 2014):

- Recolha e transporte de resíduos;
- Armazenagem e triagem de resíduos industriais;
- Armazenagem, triagem e britagem de resíduos de construção e demolição;
- Desmantelamento de resíduos elétricos e eletrónicos e de veículos em fim-de-vida;
- Recuperação de paletes de madeira;
- Valorização de resíduos;
- Trituração de plásticos, papel, madeiras e resíduos silvícolas e agrícolas;
- Serviços de limpeza e desobstrução.

Atualmente, a ABResíduos está equipada tecnologicamente para dar resposta no tratamento e armazenamento a um leque muito variado de resíduos industriais banais (RIB) e perigosos (RIP), cuja diversidade inclui, por exemplo, cartão, papel, plástico, vidro, madeiras, metais, resíduos de construção e demolição (RCD), resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), veículos em fim de vida (VFV), biomassa, entre outros.

De forma a melhorar as questões ambientais por parte das empresas, a ABResíduos apresenta

soluções de gestão global dos resíduos, em que as operações decorrem nas suas instalações e em condições adequadas desde a recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento e encaminhamento final (ABResíduos, 2014).

As operações de valorização e de eliminação são realizadas de acordo com o destino a dar aos resíduos, estando publicadas no Anexo III da Lista Europeia de Resíduos (LER), na Portaria nº 209/2004, de 3 de março, alterada pelo Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho.

As operações de valorização (código R) e eliminação (código D) dos resíduos que a empresa encaminha são (ABResíduos, 2014):

- R3 - Reciclagem/recuperação de compostos orgânicos que não são utilizados como solventes.
- R4 - Reciclagem/recuperação de metais e de ligas.
- R5 - Reciclagem/recuperação de outras matérias inorgânicas.
- R12 - Troca de resíduos com vista a, submetê-los a uma das operações enumeradas de R1 a R11.
- R13 - Acumulação de resíduos destinados a uma das operações R1, R3, R4, R5, R9 e R10.
- D15 - Armazenagem enquanto se aguarda a execução da operação D1.

Neste trabalho é estudado com mais detalhe os resíduos de plástico, pois a ABResíduos sendo um operador de gestão de resíduos industriais, apresenta soluções de tratamento e valorização para estes resíduos. Estes, após sofrerem um processo de triagem são enfardados em prensa mecânica ou colocados em *bigbags*, armazenados temporariamente e posteriormente encaminhados para o destino adequado. Contudo, pretende-se estudar propostas de melhoria para a valorização deste tipo de resíduos, quer do ponto de vista ambiental, quer económico, por forma a evitar a sua deposição em aterro.

Operações de gestão de resíduos na empresa

As operações de gestão de resíduos compreendem a sua recolha, transporte, receção, triagem, tratamento, trituração, compactação, enfardamento, armazenamento temporário e encaminhamento, referentes aos serviços que a ABResíduos tem ao dispor e que são representadas na Figura 16.

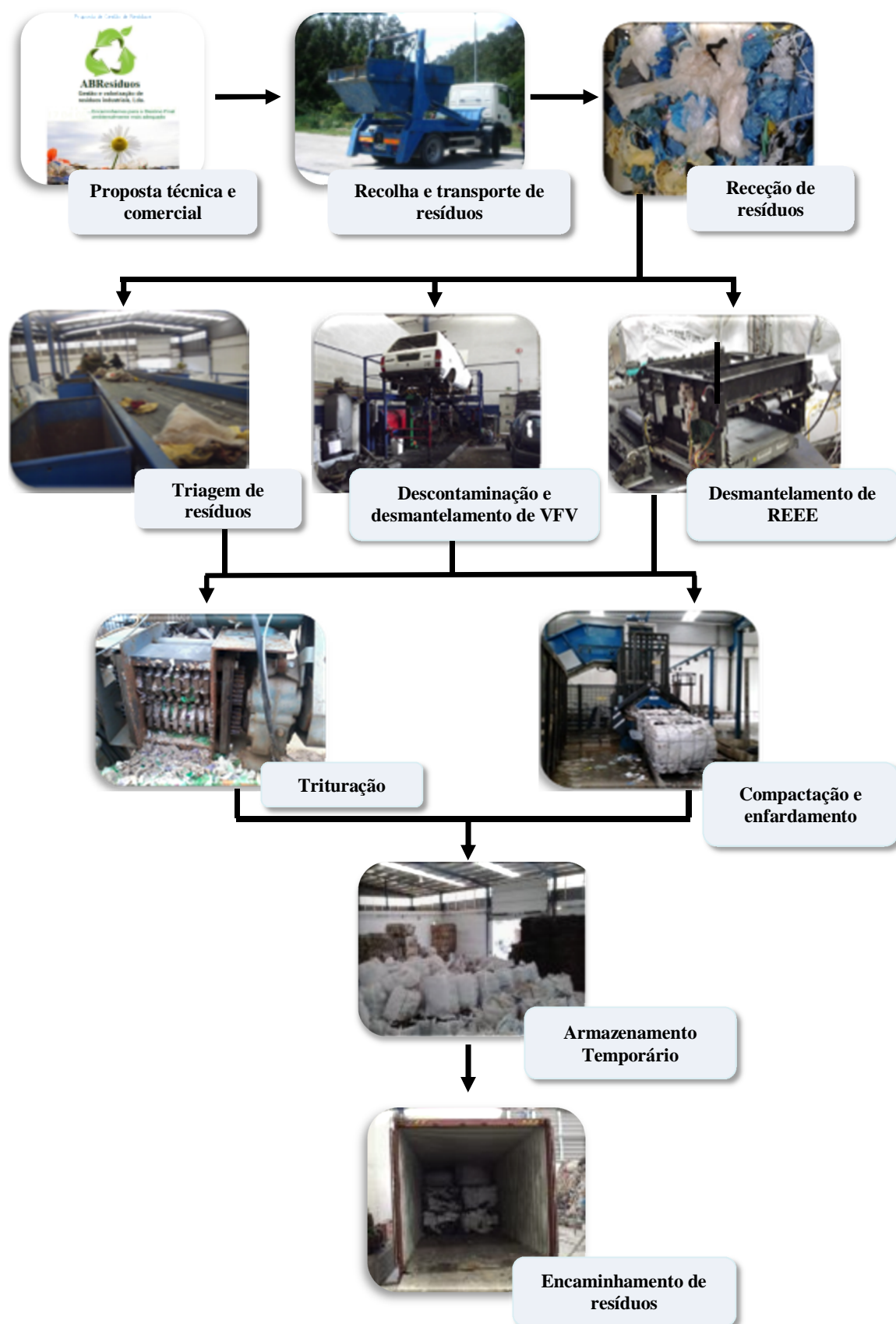


Figura 16 – Esquema das operações de gestão dos resíduos na ABResíduos.

As operações de gestão de resíduos especificados na figura anterior representam um panorama geral dos procedimentos realizados desde a proposta técnica e comercial realizada inicialmente até ao seu encaminhamento final. Porém, estas etapas podem variar consoante o tipo de resíduo, o tipo de fluxo a que o resíduo pertence, a sua origem e o destino a dar ao resíduo. De seguida apresenta-se uma breve descrição de cada etapa de gestão referida na figura 16.

Proposta técnica e comercial

Os serviços de gestão global de resíduos prestados pela ABResíduos são efetuados tendo por base um contacto inicial por parte do cliente ou apresentação do departamento comercial. Sempre que se justifique, segue-se uma visita às instalações da empresa com o objetivo de caracterizar a situação de referência.

Com base na informação recolhida, é elaborada uma proposta técnica e comercial para a prestação de serviços, Figura 17, considerando o enquadramento legal da gestão de resíduos com o regime geral, ou seja, apresentando os códigos LER atribuídos aos resíduos e o seu destino, que neste caso é a ABResíduos. No caso particular da recolha dos resíduos é acrescentada nessa proposta os equipamentos e veículos necessários para o acondicionamento e transporte.



Figura 17 – Proposta técnica / comercial.

Recolha e transporte de resíduos

Nos casos em que o cliente tem transporte próprio, o mesmo poderá efetuar a entrega dos seus resíduos nas instalações da ABResíduos, caso contrário esta possui meios devidamente preparados para efetuar serviços de recolha, Figura 18, transporte e valorização de resíduos para o destino final ambientalmente mais adequado.

Para que os resíduos produzidos pelos clientes possam ser acondicionados e posteriormente transportados, a ABResíduos disponibiliza os seguintes tipos de equipamentos (ABResíduos, 2014):

- ♦ Contentores com sistema Multibenne de 5 e 10 m³;
- ♦ Contentores com sistema Ampliroll de 15, 25 e 35 m³;
- ♦ Compactadores de 10, 20 e 25 m³;
- ♦ Compactadores estacionários de 40 m³;



Figura 18 – Recolha e transporte dos resíduos por um camião da empresa.

- ♦ Contentores de 800 L;
- ♦ Cubas de 1000 L;
- ♦ Bidons de 200 L;
- ♦ *Bigbags*;
- ♦ Ou outros acondicionamentos adequados às tipologias de resíduos.

Os serviços consistem na recolha, troca de contentor cheio por vazio e/ou levantamentos pontuais, recorrendo à maquinaria e veículo pesado ou ligeiro da ABResíduos que se adapte ao cliente ou serviço em questão.

Receção de resíduos

Na receção de resíduos, os camiões chegam carregados à zona de receção e são pesados numa balança. Neste local, é controlado a chegada de resíduos, anotado a matrícula do camião, o tipo de material transportado e a sua proveniência. À saída, depois de descarregado, o camião, agora vazio, é novamente pesado. Desta forma, sabe-se a quantidade de resíduos que entraram. Estes são descarregados dos camiões ou dos contentores no local de descarga dos resíduos em montes consoante os resíduos do cliente, onde permanecem temporariamente até serem sujeitos aos processos seguintes.

No caso de não ser possível a sua descarga permanecem nos contentores até ser possível este procedimento junto à linha de triagem ou da linha da prensa, para prever e regular os picos de descarga que possam existir.

O transportador deve se fazer acompanhar dos dois exemplares da guia de acompanhamento, onde a ABResíduos deve acabar de preencher os dois exemplares e depois manter a sua guia de acompanhamento guardada em arquivo e enviar uma cópia do exemplar, no prazo de 30 dias.

No caso dos RCD, o transportador deve ser acompanhado de guias específicas para este tipo de resíduos, de acordo com os anexos I e II da Portaria nº 417/2008, de 11 junho.

Triagem dos resíduos

Os resíduos após serem descarregados e colocados em zonas distintas consoante os resíduos do cliente são selecionados consoante os que vem pré-separados ou misturados.

Os resíduos pré-separados são selecionados manualmente (sem irem à linha de triagem) e colocados no tapete transportador de alimentação da prensa para serem enfardados.

Os resíduos misturados são colocados num tapete transportador ao nível do solo por um

operador que recorre a utensílios para arrastar (vassoura, rodo e garra) ou com o auxílio de maquinaria pesada. Neste local, o operador já faz uma pré-triagem retirando alguns materiais de maiores dimensões, nomeadamente metais ferrosos, madeiras, bidons de plástico e vidro. De seguida estes resíduos são conduzidos pelo tapete ascendente que alimenta a passadeira de triagem manual para separação detalhada, consoante o fluxo, a origem e o tipo de material. Além disso, os principais tipos de resíduos que se separa são o cartão, metais ferrosos e não ferrosos, vidro, madeira, cabos elétricos e plásticos (nomeadamente plástico filme, de cor, esferovite, rafia, garrafas PET, embalagens, tubagem, acrílico, fitas ou cintas).

A triagem situa-se, num nível superior ao chão para permitir que no nível inferior sejam acumulados materiais triados, chamados de silos de armazenamento.

Na triagem, os resíduos são separados manualmente ao longo de tapetes rolantes, por 5 operadores posicionados de frente para a passadeira por tipologia do material e selecionando os que reúnem as condições necessárias à reciclagem. Estes são assim depositados nas tremonhas recetoras caindo nos silos (por baixo da plataforma de triagem) ou em *bigbags* (colocados em ganchos das grades do lado de fora da plataforma), ou em pequenos contentores colocados ao longo da plataforma de triagem para auxiliar na separação dos diferentes tipos de materiais e que depois são esvaziados para contentores maiores posicionados no chão ao lado da plataforma.

Os materiais não triados continuam no tapete caindo num contentor de refugio, com exceção do material ferroso, que é separado por um eletroímã colocado na parte final do tapete de triagem e que são libertados num silo de armazenamento destinados aos metais ferrosos. Esta linha de triagem encontra-se esquematizada na Figura 19 de forma a enquadrar e a perceber melhor o sistema de triagem desta empresa.

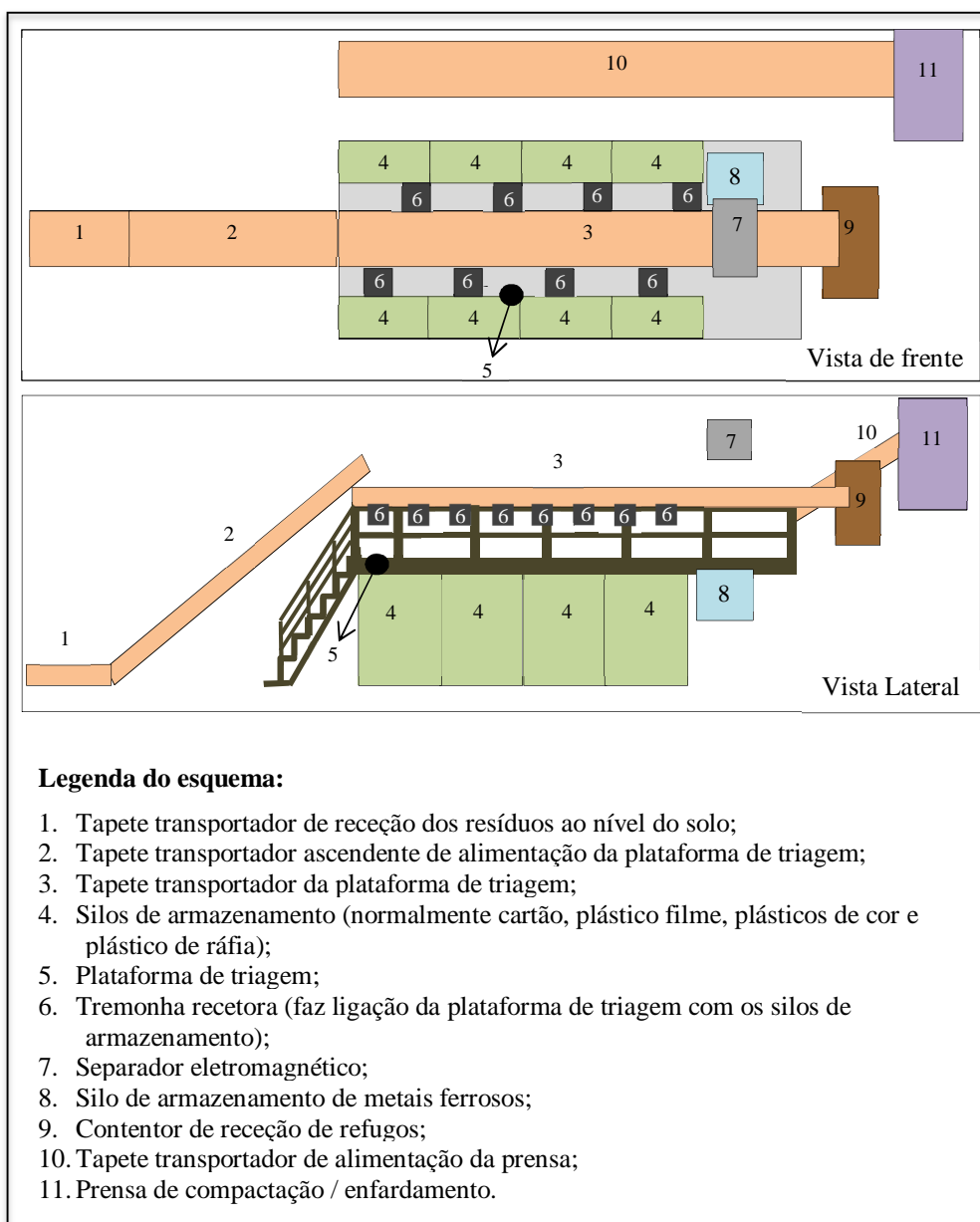


Figura 19 – Esquema da linha de triagem da empresa.

Na Figura 20, apresenta-se figuras relativamente ao tapete de alimentação da linha, a plataforma e a passadeira de triagem.



Figura 20 – Triagem dos resíduos por separação manual.

Descontaminação e Desmantelamento de Veículos em Fim de Vida

A ABResíduos é um centro de receção e de desmantelamento de Veículos em Fim de Vida (VFV), pertencente à rede Valorcar, que procede ao abate gratuito de veículos ligeiros e pesados, mediante uma contrapartida financeira.

Na entrega dos VFV pelos proprietários/detentores, são verificados os documentos (nomeadamente conferindo a marca, modelo, matrícula e o nº de chassis do VFV com os que constam nos documentos (Anexo III)), e introduzidos os dados do VFV e do seu proprietário/detentor no Sistema de Informação da VALORCAR (SIV). Depois, é emitido o Certificado de Destruição e Cancelamento de Matrícula junto do Instituto da Mobilidade e dos Transportes (IMT). Por fim, o Certificado de Destruição original é de seguida entregue ao proprietário/detentor do VFV, que fica assim com o comprovativo que entregou o veículo num centro licenciado (Valorcar, 2014).

No tratamento e valorização de VFV, a ABResíduos realiza um conjunto de operações que podem ser divididas em duas etapas, a descontaminação (ou despoluição) e o desmantelamento, como se pode ver na Figura 21, sendo realizadas por 1 funcionário.

A etapa de descontaminação é das mais importantes visto que é através dela que são removidos os fluidos e componentes perigosos do VFV, como se descrevem na Tabela 6, em que estes resíduos perigosos são encaminhados para entidades competentes e os restantes não perigosos são separados e tratados.

Tabela 6 – Operações de descontaminação de VFV (ABResíduos, 2014).

As operações de descontaminação consistem:
◆ Remoção das baterias, filtros de óleo e dos depósitos de gás liquefeito (GPL);
◆ Neutralização dos componentes pirotécnicos (por exemplo, airbags e pré-tensores dos cintos de segurança);
◆ Remoção dos fluidos: combustível (gasóleo ou gasolina), óleo lubrificante (do motor e da caixa de velocidades), óleo dos sistemas hidráulicos, dos líquidos de arrefecimento, do anticongelante, dos fluidos dos travões, dos fluidos dos sistemas de ar condicionado e quaisquer outros fluidos contidos no VFV;
◆ Remoção de componentes identificados como contendo mercúrio e outros identificados nos termos de DL nº 114/2013, de 7 de agosto.

Após as operações de descontaminação segue-se as operações de remoção dos componentes dos VFV, apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Operações de desmantelamento dos VFV (ABResíduos, 2014).

As operações de descontaminação consistem:
♦ Remoção das baterias, filtros de óleo e dos depósitos de gás liquefeito (GPL);
♦ Neutralização dos componentes pirotécnicos (por exemplo, airbags e pré-tensores dos cintos de segurança);
♦ Remoção dos fluidos: combustível (gasóleo ou gasolina), óleo lubrificante (do motor e da caixa de velocidades), óleo dos sistemas hidráulicos, dos líquidos de arrefecimento, do anticongelante, dos fluidos dos travões, dos fluidos dos sistemas de ar condicionado e quaisquer outros fluidos contidos no VFV;
♦ Remoção de componentes identificados como contendo mercúrio e outros identificados nos termos de DL nº 114/2013, de 7 de agosto.



Figura 21 – Descontaminação e desmantelamento de VFV.

Esta empresa encontra-se autorizada a comercializar peças usadas de veículos, que resultem do desmantelamento do VFV e que estejam em bom estado de conservação, de modo a estimular a sua reutilização.

Desmantelamento de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

Após a vida útil dos equipamentos elétricos e eletrónicos (EEE), estes são encaminhados para gestão e tratamento, de acordo com a legislação aplicável.

Estes resíduos apresentam uma grande variedade de equipamentos elétricos e eletrónicos (EEE) que vão desde o frigorífico, à batedeira, aos equipamentos de ar condicionados, mas também às consolas de jogos e ao telemóvel.

Devido à diversidade e complexidade de materiais existentes na constituição dos REEE são necessários métodos de tratamento que permitam de uma forma eficiente, recuperar e tratar

todos os componentes abrangidos nas diferentes categorias.

Segundo a legislação em vigor os REEE são classificados em 10 categorias, anexo IV, esta classificação por categorias baseia-se essencialmente na funcionalidade dos equipamentos e sua perigosidade.

Por outro lado, a gestão de REEE, é organizada em 5 fluxos operacionais, que visa fazer uma triagem e otimização de acordo com a tecnologia de tratamento (Luízio, 2009).

Esta gestão permite assim, relacionar as diferentes categorias de REEE pelos diferentes fluxos operacionais, Tabela 8. Os fluxos operacionais são: Fluxo A – Grandes Equipamentos, Fluxo B – Aparelhos de Arrefecimento e Refrigeração, Fluxo C - Equipamentos Diversos, Fluxo D – Lâmpadas Fluorescentes e de Descarga, Fluxo E – Monitores e Televisores (CRT).

Tabela 8 - Correspondência entre categorias dos REEE e fluxos operacionais.

Categorias dos REEE	Descrição	Fluxo de Resíduos
Categoria 1	Grandes eletrodomésticos;	Fluxo A e B
Categoria 2	Pequenos eletrodomésticos;	Fluxo C
Categoria 3	Equipamentos informáticos e de telecomunicações;	Fluxo C e E
Categoria 4	Equipamentos de consumo e painéis fotovoltaicos;	Fluxo C e E
Categoria 5	Equipamentos de iluminação;	Fluxo C e D
Categoria 6	Ferramentas elétricas e eletrónicas, com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões;	Fluxo C
Categoria 7	Brinquedos e equipamento de desporto e lazer;	Fluxo C
Categoria 8	Dispositivos médicos ou acessórios, com exceção de todos os produtos implantados e infetados;	Fluxo B, C e E
Categoria 9	Instrumentos de monitorização e controlo;	Fluxo C
Categoria 10	Distribuidores automáticos.	Fluxo A, C e B

No caso em estudo, a ABResíduos é um operador autorizado para fazer o tratamento dos resíduos referentes aos fluxos A e C. Os restantes fluxos têm resíduos que incluem substâncias perigosas e a ABResíduos só procede ao seu tratamento e valorização de resíduos do código LER 16 02 14 e 20 01 36. Então, os restantes fluxos são encaminhados para entidades competentes para o seu desmantelamento.

No tratamento destes fluxos de resíduos é feito um desmantelamento manual do equipamento que consiste em preparar o equipamento para a fase de tratamento, retirando todos os componentes e materiais possíveis de serem reciclados. Desta forma, são retirados todos os materiais mais fáceis de remover, nomeadamente, cabos elétricos, borrachas, placas eletrónicas, metais ferrosos e não ferrosos e plásticos (Luízio, 2009).

Na ABResíduos, os REEE são rececionados e encaminhados para uma zona coberta,

individualizada e destinada para o efeito. Neste local, são triados nos 5 fluxos operacionais, onde são selecionados os REEE perigosos que são devidamente acondicionados e armazenados separadamente dos restantes.

Num outro local, os REEE não perigosos são submetidos a tratamento, nomeadamente os do fluxo A (Grandes Equipamentos) e os do fluxo C (Equipamentos Diversos). Assim, procede-se ao desmantelamento e descontaminação manual com retirada dos componentes e separação dos distintos resíduos resultantes do processo, como se pode ver na Figura 22. Esta etapa, é assim realizada por 2 funcionários aptos para o desmantelamento e descontaminação dos fluxos referidos.



Figura 22 – Desmantelamento de um REEE.

Os resíduos resultantes deste processo são separados por tipo, tais como, plásticos (não são separados por tipo de polímero), metais ferrosos e não ferrosos, cabos elétricos, borrachas, placas eletrónicas, etc., e colocados num equipamento de armazenamento. Posteriormente, os resíduos resultantes deste processo são assim, encaminhados para destino adequado.

Trituração

Neste processo, os resíduos já foram submetidos a uma triagem prévia de modo a selecionar o tipo de material a ser triturado.

Assim a trituração, consiste na redução da granulometria dos resíduos com a utilização de destroçadores e moinhos trituradores, Figura 23, com o objetivo de diminuir o seu volume e favorecer o seu tratamento e encaminhamento para destino final. Os destroçadores trituram os plásticos mais rígidos com densidades diferentes, porque depende do tipo de material a triturar e do tipo de requisitos do destinatário final.



Figura 23 – Trituradores de resíduos de plástico.

Compactação e Enfardamento

Neste processo, existe uma situação em que os resíduos quando são descarregados diretamente para esta etapa já vêm triados da sua origem de produção, mas por vezes necessitam de uma pequena triagem para afinar a separação de materiais. Esta triagem permite uma separação menos abrangente relativamente à diversidade de materiais devido à sua diversidade de materiais ser menor, como por exemplo, a separação de 2 ou 3 tipos de materiais diferentes e de fácil identificação e separação, o que não será necessário passar pela linha de triagem.

Uma outra situação que também existe é a passagem dos resíduos que já foram separados por tipo de material na linha de triagem.

Depois estes resíduos são colocados num tapete transportador de alimentação da prensa, número 10 da Figura 19, sendo alimentado com ajuda de operadores ou de maquinaria.

Os materiais seguem pelo tapete até chegar à prensa para se realizar o enfardamento numa prensa por compactação para reduzir o volume inicial dos resíduos, aumentando a densidade, de forma a favorecer e a otimizar para o transporte para destino final, Figura 24.



Figura 24 – Compactação e enfardamento dos resíduos de plástico.

Armazenamento Temporário

As instalações da ABResíduos encontram-se devidamente licenciadas para o armazenamento temporário de resíduos, Figura 25, com os códigos de operação LER D15 – Armazenagem enquanto se aguarda a execução de uma das operações enumeradas de D1 a D14 e R13 – Acumulação de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R1 a R12 (ABResíduos, 2014). As áreas destinadas ao armazenamento de resíduos, não perigosos e perigosos, encontram-se devidamente identificadas e respeitam a legislação em vigor.



Figura 25 – Armazenamento temporário dos resíduos.

O armazenamento temporário dos resíduos deve ser realizado em locais selecionados para o efeito de forma a respeitar as condições de segurança para evitar derrames, incêndios ou explosões segundo as características de perigosidade dos resíduos e que não cause problemas para o ambiente ou na saúde pública.

A ABResíduos antes de encaminhar os seus resíduos armazena temporariamente os resíduos plásticos, até que, as quantidades acumuladas sejam suficientes para viabilizar a transferência dos resíduos acumulados para destino final.

Lavagem/eliminação dos contaminantes (Processo em fase de implementação e licenciamento)

Este processo está em estudo de implementação na ABResíduos, com vista a montarem um sistema de lavagem dos resíduos plásticos de origem agrícola. Este processo permite a libertação dos contaminantes destes resíduos, tais como areias, terra, entre outros.

O processo em teste consiste no funcionamento de um equipamento que tem um sistema de ciclones, em que permite a circulação da água em modo giratório num circuito fechado. Posteriormente, os resíduos plásticos saem para um processo de arejamento.

A água resultante deste processo de lavagem dos resíduos plásticos é sujeita a um sistema de tratamento por um processo de decantação e recirculação. Após este processo de tratamento da água, esta volta a entrar no processo de lavagem dos resíduos de plástico.

Este processo está em estudo, por forma a melhorar a valorização e encaminhamento dos resíduos de origem agrícola que apresentam uma contaminação na ordem dos 5% a 50% em peso, consoante o período do ano (período chuvoso ou período seco) e o seu tipo de utilização (plástico para cobertura ou para o solo).

4.2. Gestão dos Resíduos Plásticos

Neste trabalho, é abordado a gestão de resíduos plásticos provenientes de diferentes origens e fluxos, sendo estes identificados e classificados com vista a otimizar as quantidades de plásticos para encaminhamento.

A ABResíduos encontra-se habilitada a gerir como quantidade máxima de resíduos de plástico 4000 t/ano. Ao longo do ano de 2014, a ABResíduos, na gestão de resíduos plásticos contabilizou cerca de 3300 toneladas, que foram recuperados e valorizados para posterior encaminhamento.

Os fluxos de resíduos são classificados segundo a proveniência do resíduo que engloba as várias origens ou sectores de atividade, sujeitos a uma gestão específica. Estes fluxos são agrupados em resíduos de embalagens, resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), resíduos de veículos em fim de vida (VFV), resíduos de construção e demolição (RCD) e resíduos industriais banais (RIB's) e ainda considerando outras origens descreve-se os resíduos específicos de outras atividades, cujos processos de gestão de resíduos plásticos encontram-se sistematizados nas figuras 26, 27, 28, 29, 30 e 31.

Os resíduos de embalagem, na ABResíduos, após a sua receção passam pelo processo de triagem e separação manual por forma a separar os diferentes tipos de resíduos resultantes do processo, tais como papel e cartão, metais ferrosos e não ferrosos, vidros e diversos tipos de plásticos, principalmente PET, HDPE, LDPE, PVC, PP e PS.

Posteriormente a este processo, os plásticos são triturados para obterem uma redução do seu volume e granulometria de forma a facilitar a sua compactação e enfardamento. Depois são armazenados até serem encaminhados para destino adequado.

Na Figura 26 é apresentado um diagrama geral que sintetiza os processos dos resíduos de embalagem.

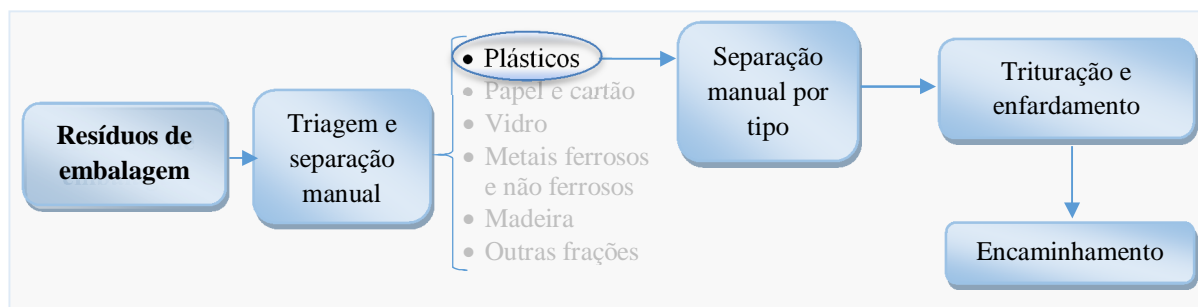


Figura 26 – Diagrama geral de processos dos resíduos de embalagem.

Os resíduos de equipamento eléctrico e electrónico após serem rececionados, são triados por tipo de fluxo onde posteriormente são desmantelados por tipo de material constituinte do equipamento, sendo os resíduos separados manualmente em função da sua tipologia. Os resíduos resultantes podem ser nomeadamente plásticos, metais ferrosos e não ferrosos, componentes eléctricos e electrónicos, sendo estes colocados em *bigbags* ou enfardados consoante a condições do cliente do destino de encaminhamento, após estas etapas são armazenados até serem encaminhados.

Estes processos são resumidos na Figura 27 que, apresenta o diagrama geral do processo dos REEE na ABResíduos.

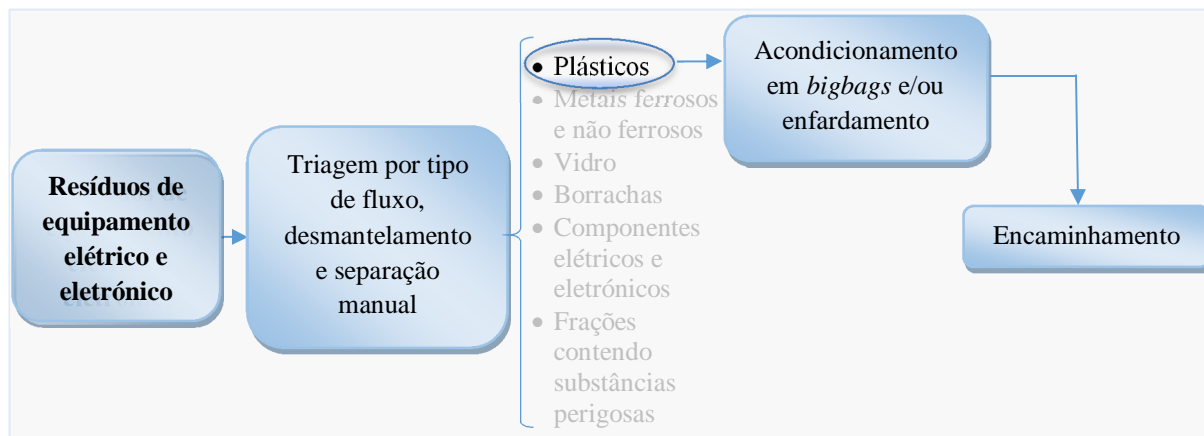


Figura 27 - Diagrama geral de processos dos REEE.

Os veículos em fim de vida após a sua recepção, verificação dos documentos e emissão dos certificados de destruição e cancelamento são transportados para o local de abate da ABResíduos. Neste local, é realizada a descontaminação onde são removidos fluidos e componentes perigosos, de seguida é executado o desmantelamento dos componentes não perigosos que são por exemplo, plásticos, metais ferrosos e não ferrosos, peças para reutilização.

Os resíduos plásticos resultantes deste processo são acondicionados a granel e enfardados, para posteriormente serem encaminhados para destino adequado.

A Figura 28 sistematiza o processo de descontaminação e de desmantelamento dos resíduos de VFV.

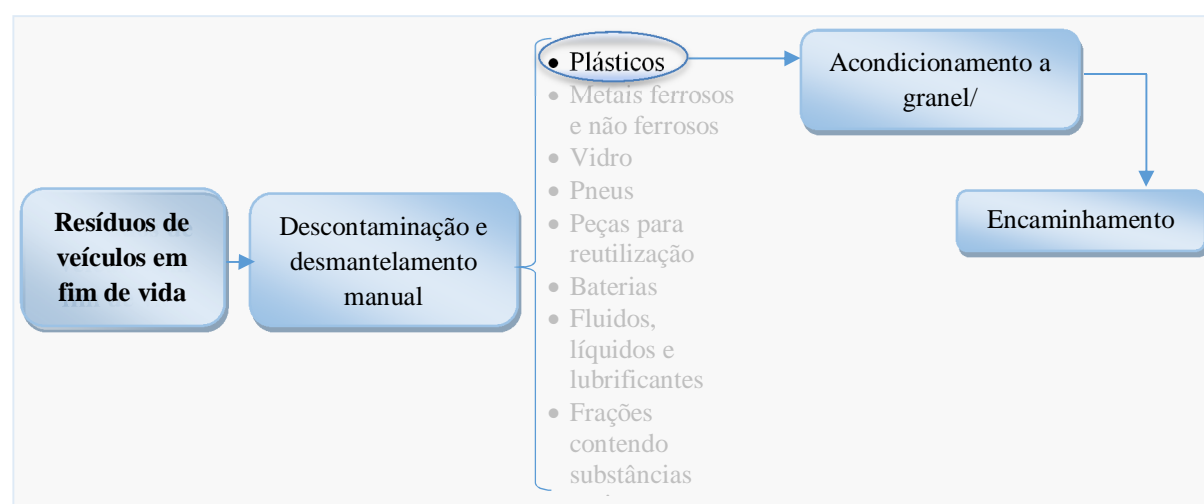


Figura 28 - Diagrama geral de processos dos resíduos de VFV.

Os resíduos de construção e demolição quando rececionados sofrem uma triagem manual com

recurso a operários e por vezes até com auxílio de maquinaria pesada, por forma a separar os materiais por tipo. Uma vez separados, os resíduos plásticos são selecionados manualmente por tipo de polímero. Estes depois são triturados ou acondicionados em *bigbags* consoante os requerimentos do cliente para onde forem encaminhados. Após estas etapas os resíduos são encaminhados para um destinatário adequado. Estas etapas são esquematizadas na Figura 29, apresentando o diagrama de processo dos RCD.

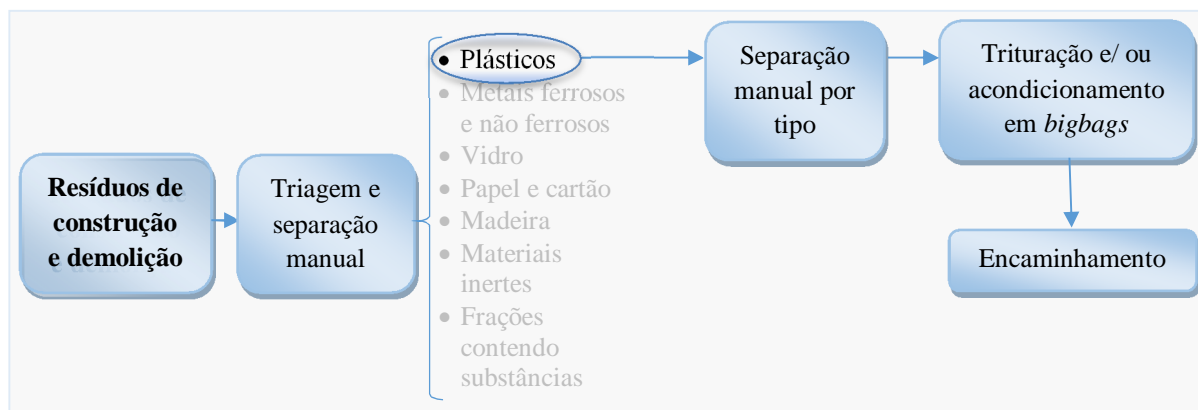


Figura 29 - Diagrama geral de processos dos RCD.

Os resíduos industriais banais (RIB) quando rececionados ainda são triados e separados manualmente por tipo de material, de forma a aproveitar o máximo destes resíduos evitando que toda a quantidade rececionada vá para aterro. Nesta triagem são separados os materiais reaproveitáveis, dentre os quais os plásticos são separados por tipo de polímero que depois são triturados e enfardados, sendo posteriormente encaminhados. A Figura 30 sistematiza no diagrama o processo de gestão dos RIB na ABResíduos.

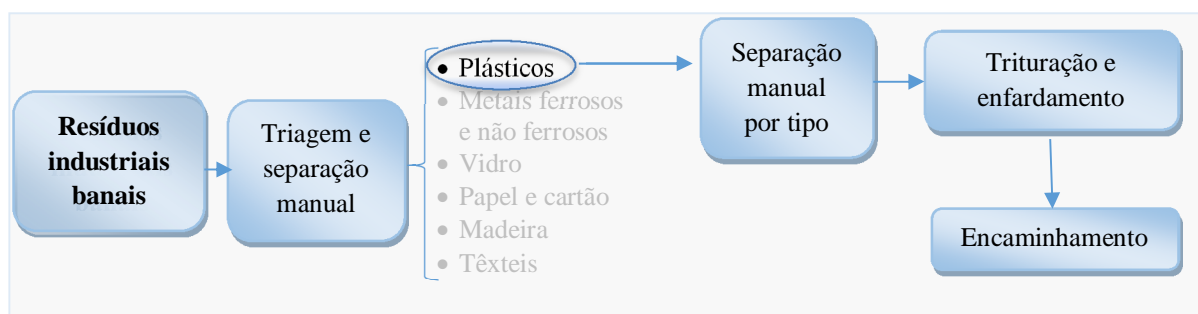


Figura 30 - Diagrama geral de processos dos RIB's.

Os resíduos específicos de outras atividades são nomeadamente, os resíduos provenientes da agricultura, da moldagem, de processos químicos e orgânicos e da pesca. Este tipo de resíduos após a sua receção e armazenamento são triados e separados manualmente selecionando os

diferentes materiais. Desta seleção resulta diferentes tipos de plásticos que durante esta triagem manual foram separados por tipo de polímero. Após esta etapa é realizada uma trituração e enfardamento por forma a serem armazenados e depois seguem para encaminhamento. Estes processos são resumidos num diagrama representado na Figura 31, referente aos resíduos específicos de outras atividades.

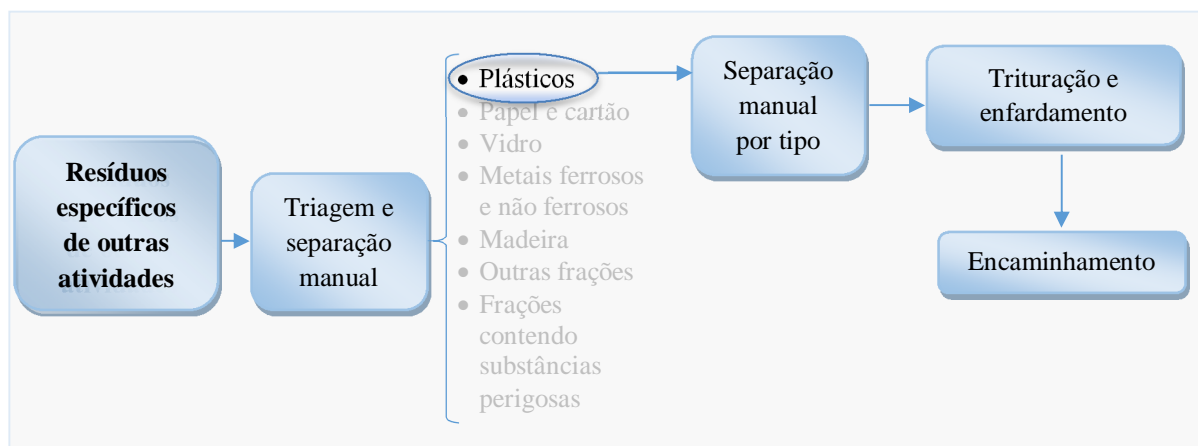


Figura 31 - Diagrama geral de processos dos resíduos específicos de outras atividades.

➤ Caracterização dos resíduos plásticos rececionados

Classificação dos resíduos

Na gestão dos resíduos plásticos aquando o transporte e a receção dos resíduos na ABResíduos, os resíduos são classificados com um código que pretende facilitar a caracterização dos resíduos a partir da origem e natureza.

A ABResíduos recorre assim à Lista Europeia de Resíduos (LER) para atribuir a cada tipo de plástico um código que permite gerir e classificar os resíduos na empresa segundo o capítulo adequado para a sua proveniência, como se pode ver na Tabela 9.

Tabela 9 – Códigos LER dos tipos de resíduos plásticos.

Capítulo	Subcapítulo	Código	Exemplos de tipos de plásticos
02 - Resíduos de agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca, e da preparação e processamento de produtos alimentares	02 01 - Resíduos de agricultura, horticultura, aquacultura, silvicultura, caça e pesca	02 01 04 - Resíduos de plásticos (excluindo embalagens)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plástico agrícola ▪ Plástico de estufa ▪ Plástico de tubagem ▪ Mangueiras ▪ Calhas ▪ Plástico de fita de rega ▪ Plástico filme ▪ Plástico de cobertura ▪ Caixas de plástico ▪ Redes, fios e linhas
07 - Resíduos de processos químicos orgânicos	07 02 - Resíduos do fabrico, formulação, distribuição e utilização (FFDU) de plásticos, borracha e fibras sintéticas	07 02 13 - Resíduos de plásticos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Borracha sintética ou natural ▪ Mangueiras ▪ Fibras sintéticas ▪ Aparas de plástico ▪ Peças defeituosas
12 - Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos	12 01 - Resíduos da moldagem e do tratamento físico e mecânico de superfície de metais e plásticos:	12 01 05 - Aparas de matérias plásticas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aparas diversas ▪ Plástico de aparas (ligas com fibras de vidro) ▪ Rolos de plástico ▪ Peças defeituosas ▪ Aparas de peças ou componentes
15 - Resíduos de embalagens; absorventes, panos de limpeza, materiais filtrantes e vestuário de proteção não anteriormente especificados	15 01 – Embalagens (incluindo resíduos urbanos e equiparados de embalagens, recolhidos separadamente)	15 01 02 - Embalagens de plástico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plástico de embalagem diverso ▪ Esferovite – EPS ▪ Embalagens plásticas diversas ▪ Sacos de argila expandida (Leca) ▪ <i>Bigbags</i> ▪ Sacos de Rafia ▪ Sacos de Plástico e industriais ▪ Filmes de embalagem ▪ Fitas ou cintas plásticas ▪ Caixas de plástico ▪ Grades, barricas e baldes
		15 01 06 - Misturas de embalagens	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Embalagens de produtos alimentares ▪ Garrafas e refrigerantes ▪ Plástico diverso do ecoponto

Capítulo	Subcapítulo	Código	Exemplos de tipos de plásticos
		15 01 10 (*) - Embalagens contendo ou contaminadas por resíduos de substâncias perigosas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plástico de embalagem contaminado vazio ▪ Garrafas de detergentes ▪ Garrafas e embalagens de produtos químicos
16 - Resíduos não especificados em outros capítulos desta Lista	16 01 - Veículos em fim de vida de diferentes meios de transporte (incluindo máquinas todo o terreno) e resíduos do desmantelamento de veículos em fim de vida e da manutenção de veículos (exceto 13, 14, 16 06 e 16 08)	16 01 19 - Plástico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Componentes e peças plásticas ▪ Reservatório de água do para-brisas ▪ Esquadrias, tubos e conexões ▪ Peças de automóveis diversas ▪ Ventoinhas e Ventiladores ▪ Luzes de sinalização (faróis) ▪ Airbags ▪ Peças de acabamento interno (revestimentos) ▪ Painel de instrumentos ▪ Peças do motor ▪ Plástico de Para-choques
	16 02 - Resíduos de equipamento elétrico e eletrônico:	16 02 16 - Componentes retirados de equipamento fora de uso não abrangidos em 16 02 15.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Peças dos equipamentos ▪ Componentes elétricos ▪ Placas isolantes ▪ Revestimentos de cabos ▪ Revestimentos de eletrodomésticos ▪ Cabos, revestimentos de fios, monofilamentos ▪ Aparelhos diversos ▪ CD's e DVDs
17 - Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados)	17 02 - Madeira, vidro e plástico	17 02 03 - Plástico.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tubagem ▪ Mangueiras ▪ Paletes plásticos ▪ Chapas plásticas ▪ Sinalização
		17 02 04 (*) - Vidro, plástico e madeira contendo ou contaminados com substâncias perigosas	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plásticos de construção contaminado diverso ▪ Luminárias ▪ Tubos e conexões contaminados ▪ Perfis de isolamento

Capítulo	Subcapítulo	Código	Exemplos de tipos de plásticos
	17 09 - Outros resíduos de construção e demolição	17 09 04 - Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calhas plásticas ▪ Janelas e portas ▪ Persianas e esquadrias ▪ Placas isolantes ▪ Plástico diverso
19 - Resíduos de instalações de gestão de resíduos, de estações de tratamento de águas residuais e da preparação de água para consumo humano e água para consumo industrial	19 12 - Resíduos do tratamento mecânico de resíduos (por exemplo, triagem, trituração, compactação, peletização) não anteriormente especificados	19 12 04 - Plástico e borracha.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plástico ABS ▪ Plástico de cintas e fitas ▪ Plástico PA (poliamida ou nylon) ▪ Plástico REEE ABS, PET, PP ▪ Garrafas ▪ Esferovite – EPS
20 - Resíduos urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as frações recolhidas seletivamente	20 01 - Frações recolhidas seletivamente (exceto 15 01)	20 01 39 - Plásticos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plástico acrílico ▪ Plástico PP (polipropileno) ▪ Plástico PP/PS ▪ Plástico PS (poliestireno) ▪ Plástico Purgas ▪ Plástico PE ▪ Plástico PET ▪ Plástico PC ▪ Plástico HDPE
		20 01 99 - Outras frações não anteriormente especificadas.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plástico PET ▪ Plástico PP ▪ Plástico PS ▪ Plástico Purgas
	20 03 - Outros resíduos urbanos e equiparados	20 03 01 - Outros resíduos urbanos e equiparados, incluindo misturas de resíduos.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plástico PET ▪ Plástico PP ▪ Plástico PS ▪ Plástico Purgas
		20 03 07 - Monstros.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vários tipos de plástico (provenientes do desmantelamento de mesas, móveis, cadeiras)

Identificação dos diferentes tipos de materiais plásticos

Os resíduos plásticos rececionados na ABResíduos, na fase da triagem são separados por diferentes tipos de plásticos. Esta separação tem como objetivo facilitar a sua valorização e encaminhamento.

No levantamento dos resíduos plásticos rececionados, classificou-se os tipos de materiais plásticos pelo seu tipo de polímero a que correspondem. Nesta classificação é apresentado na Tabela 10 alguns exemplos de materiais plásticos para cada tipo de polímero.

Tabela 10 – Exemplos de materiais plásticos para cada tipo de polímero.

Polímero	Exemplos de tipos de plásticos
PET	Moldes de garrafas e refrigerantes; Embalagens de produtos diversos e com defeito; Fitas ou cintas de embalagem; Revestimentos de equipamentos elétricos e eletrónicos; Peças dos equipamentos elétricos e eletrónico; Componentes e peças variadas de veículos em fim de vida.
HDPE	Caixas, grades, barricadas e baldes diversos; Peças defeituosas de produtos diversos e aparas de revestimentos; Garrafas e embalagens de produtos químicos; Embalagens, sacos e plástico filme; Plástico de VFV e material elétrico e eletrónico diverso.
PVC	Calhas, persianas, esquadrias e mangueiras; Rolos e peças defeituosas; Embalagens diversas; Tubagem, revestimentos, conexões e perfis de isolamento.
LDPE	Plástico e embalagens agrícolas diversas; Sacos, filmes e fitas diversas; Fios e cabos diversos.
PP	Tubagem, mangueiras, redes e cordas; Plástico agrícola diverso; Aparas de peças ou componentes diversos; Sacos de rafia, <i>bigbag</i> e fitas de embalagem; Embalagens e recipientes diversos; Peças de automóvel e de motor diverso; Peças de acabamento interno (revestimentos) e pára-choques.
PS	Aparas de peças e componentes Descartáveis (copos, talheres, pratos); Materiais de embalagem; Portas, gavetas e placas de equipamentos; Revestimentos diversos; Peças dos equipamentos e brinquedos
PE	Tubagem e Mangueiras; Paletes e peças de utensílios de cozinha; Películas e folhas de embalagem; Garrafas e embalagens diversas.
EPS	Aparas diversas e esferovite; Embalagens de alimentos; Enchimento de proteção de objetos frágeis; Isolantes térmicos.
PA	Peças de revestimentos, fios e linhas; Peças do motor e Airbags.
Elastômero	Mangueiras e Pneus;

Polímero	Exemplos de tipos de plásticos
	Peças de Borrachas e aparas.
PC	Recipientes e utensílios de mesa; Luzes de sinalização (retrovisores, luzes traseiras, piscas, luzes de nevoeiro, faróis); Painel de instrumentos e revestimentos diversos; Peças dos equipamentos diversos.
PU	Estofos e espumas flexíveis; Esquadrias e chapas de revestimentos.
ABS	Painel de instrumentos e para-choques; Revestimentos de materiais diversos; Cabos, revestimento de fios, monofilamentos e brinquedos.
PMMA	Tampas de instrumentos; Retrovisores e sinais luminosos; Iluminação exterior e interior; Plástico acrílico.

4.3. Encaminhamento dos Resíduos

A ABResíduos após as suas operações de gestão e tratamento dos resíduos armazena-os, por forma a perfazer as quantidades necessárias para proceder à expedição dos resíduos plásticos, podendo assim proceder à transferência de resíduos para destinos finais licenciados.

O encaminhamento dos seus resíduos é realizado para destinos nacionais e internacionais, em que estes podem ser por importação e exportação direta, indireta e para operadores de resíduos.

O encaminhamento dos resíduos plásticos para destinos nacionais é na sua maioria para empresas do distrito de Leiria.

A expedição de resíduos plásticos também pode ser realizada para destinos internacionais, sendo esta realizada diretamente para a empresa recicladora ou por intermediários (*broker*¹), podendo ser encaminhados principalmente para destinos como a Europa e Ásia. Esta também, se encarrega de identificar potenciais destinos no estrangeiro, sendo que a nível nacional pode contratar um *broker* para tratar de toda a documentação necessária às autorizações e restantes procedimentos inerentes à transferência (ABResíduos, 2014).

A ABResíduos sendo neste caso o produtor ou detentor dos resíduos têm de assegurar que os

¹ *broker* - intermediário entre a ABResíduos e o destinatário final.

destinatários dos seus resíduos estejam devidamente autorizados/licenciados para executar operações de gestão de resíduos. Quando a transferência se faz por intermédio de um *broker*, este tem que se compromete a entregar os resíduos a empresas que estão autorizadas para tal. A empresa preocupa-se com que os procedimentos de transferência de resíduos se efetuem por forma a cumprir com o Regulamento nº1013/2006, de 14 de junho.

Este encaminhamento é realizado por forma a vender os plásticos de acordo com os destinatários e as características pretendidas para encaminhamento, ou seja, consoante as condições que pretendem dos resíduos plásticos, se é acondicionado a granel ou em *bigbags*, ou enfardado.

Os resíduos não aproveitados (refugos) que ficam no contentor dos refugos são transportados pela empresa para aterro ou são recolhidos na ABResíduos por transportadores externos para produção de combustíveis derivados de resíduos (CDR), de forma a minimizar a percentagem de resíduos que seguem para aterro.

4.4. Análise técnica das operações de gestão de resíduos plásticos

Este subcapítulo tem como objetivo expor uma análise técnica baseada na perceção das situações que podem ser melhoradas ou constrangimentos aos processos nas operações de gestão de resíduos plásticos.

Na elaboração da proposta técnica e comercial realizada no contacto estabelecido por parte do cliente à ABResíduos, é anotada a informação sobre os resíduos que este pretende encaminhar. Nesta situação, pode surgir falhas ocasionais de informação, que originam dificuldades nas operações de triagem e separação devido ao grau de incerteza da matéria-prima e da heterogeneidade do material ser desconhecida.

Relativamente à triagem manual dos resíduos constataram-se as seguintes situações:

- ♦ Na separação dos materiais, observou-se que a passadeira de triagem é parada pelos operadores sempre que surgem situações de aglomerados de resíduos, para abrir os sacos do lixo que aparecem ocasionalmente e na identificação de materiais que têm dúvidas do tipo de material;
- ♦ Na deposição dos resíduos triados em contentores auxiliares de separação que estão no chão junto à plataforma de triagem constata-se a mistura de materiais no mesmo contentor que seria só para um tipo de material específico;

♦ No contentor de refugo verifica-se que existem plásticos de menores dimensões ou de difícil desmantelamento cujo destino é o aterro, que podem ser aproveitáveis, nomeadamente:

- Plástico filme;
- Plástico de embalagens (tais como copos, iogurtes, tampas, pacotes de lenços, entre outros);
- Pequenas frações de tubos;
- Plásticos compósitos;
- Plástico de cintas;
- Pequenas frações de esferovite;
- Frações de plásticos rígidos;
- Mangueiras;
- Pequenas frações de outros plásticos.

Nos vários fluxos de resíduos constata-se que normalmente são encontrados resíduos de difícil desmantelamento devido à diversidade e identificação de materiais, e também devido às suas dimensões reduzidas.

Em relação aos resíduos plásticos de origem agrícola observou-se que em certos períodos do ano ou quando são utilizados para um determinado fim, estes apresentam mais inertes (areias, terra, etc.), ficando assim contaminados/ sujos tornando difícil o seu encaminhamento por um menor valor comercial.

Face às situações que aqui se apresentaram e que podem ser melhoradas, no capítulo seguinte são apresentadas propostas de melhorias para otimização das operações de gestão e valorização dos resíduos plásticos, evitando a sua deposição em aterro.

Durante o processo de análise da triagem, verificam-se ainda as seguintes situações que podem ser ainda melhoradas as quais se discriminam de seguida:

- ♦ O plástico proveniente do desmantelamento dos REEE e dos VFV pode conter contaminação metálica e/ou de tinta, causando dificuldade na sua valorização;
- ♦ Nos resíduos provenientes de indústrias de moldes e de injeção de plástico, observou-se que existem materiais constituídos por mais do que um tipo de polímero, originando assim dificuldades na sua separação e posteriormente na valorização deste tipo de plásticos.

5. Propostas de otimização dos processos para a valorização dos resíduos plásticos

Neste capítulo, apresentam-se as propostas de otimização nas operações de valorização aplicáveis a diferentes tipos e fluxos de resíduos plásticos. Estas medidas são apresentadas no sentido de ir ao encontro dos programas e medidas europeias que tem vindo a ser estudadas e adotadas relativamente aos plásticos zero em aterro até 2020.

Portanto, são assim aplicadas medidas a resíduos com maior dificuldade de separação e valorização na ABResíduos, para posteriormente serem devidamente encaminhados com melhor qualidade e diminuir as quantidades enviadas para aterro.

5.1. Melhoria dos processos internos da triagem

A ABResíduos, para valorização dos resíduos plásticos sentiu necessidade de estudar medidas internas para redução de envio destes para aterro.

Na triagem dos resíduos foram observadas situações que podem ser melhoradas ao nível da gestão de resíduos plásticos (referido no subcapítulo 4.4), pois verifica-se que estão a ser encaminhados para aterro plásticos de menores dimensões ou de difícil desmantelamento.

Neste sentido são apresentadas as seguintes propostas de melhoria do processo interno de triagem para contribuição da valorização de resíduos plásticos e potencializar as operações internas.

5.1.1. Controlo operacional

Por forma a melhorar o controlo das operações internas da empresa, foram elaboradas folhas de registo para análise das etapas realizadas ao longo dos processos da triagem e estimativa das quantidades dos tipos de resíduos plásticos e de outros resíduos aproveitáveis e de refugo. Estas folhas de registo apresentam-se no anexo V, dividindo-se em: controlo das entradas dos resíduos; controlo das operações resultantes da triagem; controlo e análise dos refugos.

A folha de registo diário do controlo das entradas dos resíduos pretende registar nos campos a

preencher a hora que chegou a carga de resíduos, qual o cliente referente à carga, o código LER associado ao tipo de resíduos da carga, a designação do resíduo e o peso dos resíduos que entraram. Este registo contempla também os campos de preenchimento que visam a verificação dos resíduos se estão ou não de acordo relativamente ao código LER e à designação associada, bem como a identificação desses resíduos. Ainda nesta folha existe um campo para anotar a estimativa de sujidade/contaminação dos resíduos que foram rececionados.

O registo da folha do controlo das operações resultantes da triagem permite indicar o tipo de resíduo separado, o acondicionamento utilizado e o número de vezes que o tipo de acondicionamento utilizado enche.

No registo do controlo e análise dos refugos é preenchida a quantidade de resíduos encaminhados para aterro quando o contentor está cheio, bem como a observação dos materiais que neste se encontram. Esta folha permite anotar quando o contentor está cheio segundo estimativa por tipo de material, indicando se a quantidade é residual, pouco razoável ou razoável, consoante se é necessário realizar triagem ou não.

Após estes registos pretende-se que sejam avaliados de forma a ter uma estimativa das quantidades e tipos de resíduos separados, assim como a quantidade de refugo e a análise da aproximada dos resíduos plásticos que ainda podem ser aproveitáveis de forma a evitar que estes vão para aterro.

Da análise destas folhas podem ser adotadas medidas de otimização nas operações de triagem para evitar a deposição em aterro.

5.1.2. Abertura dos sacos fechados no carregamento do tapete transportador

Por vezes surgem sacos fechados com diversos tipos de resíduos no seu interior, que ao serem colocados na linha de triagem os operadores têm de parar a passadeira para terem tempo de abrir o saco, espalhar os resíduos e fazer a sua separação. Nesta situação acaba por se perder tempo que poderia ser aproveitado para melhorar a seleção dos resíduos e minimizar os resíduos de plásticos encaminhados para aterro.

De forma a otimizar o tempo despendido nesta tarefa o operador que está a encher o tapete de receção dos resíduos pode abrir os sacos, rasga-los e despejar o seu conteúdo no tapete de receção. Os resíduos, ao subirem para a linha de triagem acabam por se dispersar e facilitar

esta tarefa aos operadores da linha de triagem manual, permitindo uma melhor visualização e identificação dos materiais na separação.

Em momentos que seja mais difícil efetuar esta tarefa, como períodos de sobrecarga de trabalho na receção dos resíduos nesta passadeira, este operador pode pedir auxílio a outro operador para o ajudar, se necessário.

5.1.3. Ajuste da velocidade dos tapetes transportadores para otimização das operações

Na plataforma de triagem existe um quadro de controlo dos sistemas de funcionamento dos tapetes de transporte dos resíduos, que permite regular a velocidade do tapete transportador ascendente de alimentação da plataforma de triagem e do tapete transportador da plataforma de triagem, que varia numa escala de 0 a 10.

No sentido de otimizar a velocidade das passadeiras para uma melhor gestão das operações na triagem sugere-se que os tapetes sejam ajustados de forma a garantir uma velocidade mais eficiente possível relativamente à capacidade de seleção dos materiais e aproveitamento de todas as frações, até mesmo as mais pequenas, para evitar a passagem de plásticos para refugo. Na Tabela 11, apresentam-se as diversas propostas de ajuste da escala de velocidade dos tapetes transportadores (assinaladas a verde) face às diferentes condições de operação.

Tabela 11 - Otimização da velocidade dos tapetes transportadores face às condições de operação.

Condições	Velocidade dos tapetes																			
	Tapete ascendente de alimentação da plataforma de triagem										Tapete da plataforma de triagem									
“Normal”	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resíduos muito misturados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ausência de operador(es)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Resíduos pouco misturados	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Quando os resíduos se encontram numa situação considerada “normal”, ou seja que a mistura de resíduos seja média/ comum, a velocidade dos tapetes é harmonizada à situação habitual de mistura (categoria 4 na alimentação da triagem e 3 no tapete da triagem).

Na triagem de resíduos muito misturados e sujos, por vezes é necessário parar a passadeira

para separar os resíduos mais aglomerados, sendo que a velocidade dos tapetes deve ser ajustada o melhor possível face à quantidade de mistura dos resíduos (valor de 1 ou 2 de velocidade consoante a análise da mistura), de forma a tentar evitar as paragens constantes, que podem danificar o sistema ou originar avarias.

Na ausência de um operador ou mais de triagem a produção do dia e a qualidade será afetada. Nesta situação, o grupo de operadores da triagem redistribuem tarefas para controlar e organizar as operações, sendo importante que se ajuste também a velocidade da passadeira para um nível mais baixo para adequar o ritmo de trabalho do grupo de forma a não comprometer a eficiência da qualidade de separação e aproveitamento dos materiais.

Quando os resíduos chegam mais separados e pouco misturados podem ser triados num nível de velocidade um pouco mais elevado relativamente aos outros casos referidos, mas este nível pode variar consoante a análise da mistura.

5.1.4. Organização dos materiais separados nos contentores

Os materiais que são separados na linha de triagem são projetados para contentores auxiliares de separação que estão no chão junto à plataforma de triagem e muitas vezes podem cair num contentor que não era o respetivo para aquele material ou até cair fora. Por forma a organizar e otimizar esta operação de separação de materiais, a medida apresentada permite evitar a mistura de resíduos no mesmo contentor e/ou contaminação dos mesmos. Então, é proposto colocar rampas para deposição dos materiais que vão desde as grades da plataforma de triagem até aos contentores situados ao nível do solo (abaixo da plataforma de triagem), Figura 32.

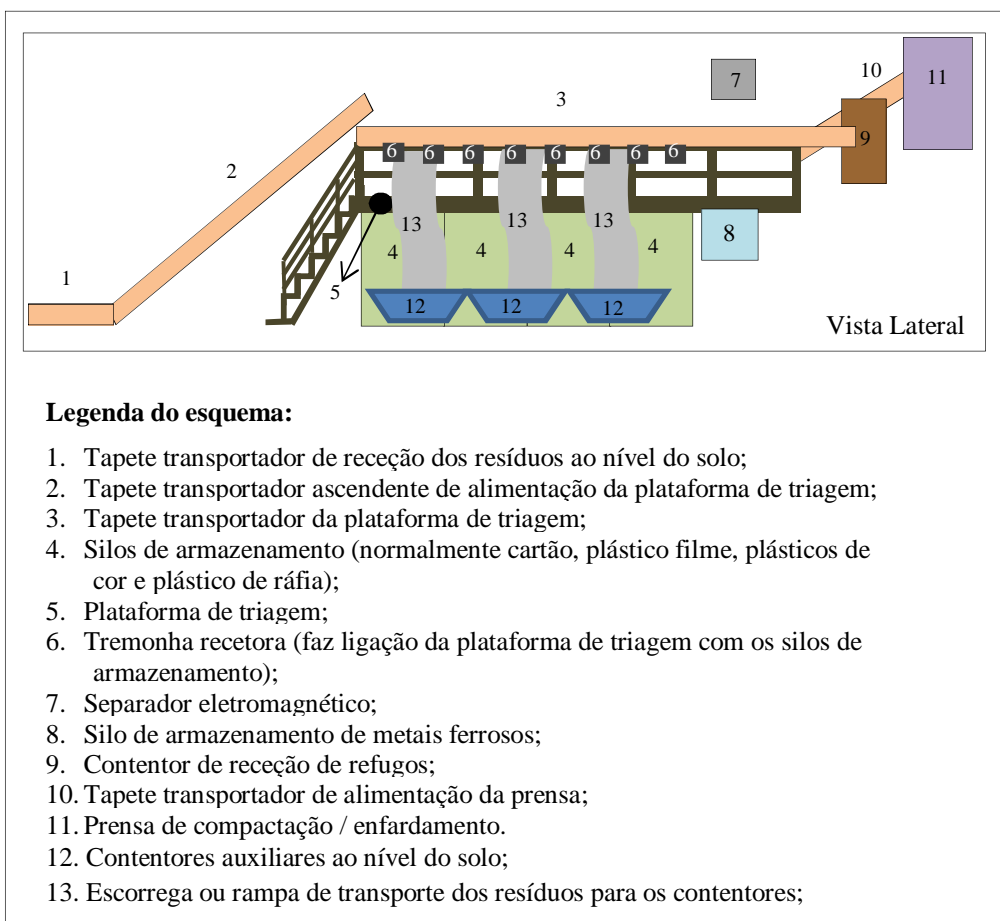


Figura 32 – Esquema da linha de triagem com a aplicação desta proposta.

O sistema apresentado baseia-se no desnível existente desde a plataforma até ao contentor, sendo que ao ser instalada uma rampa ou escorrega, é importante que tenha um revestimento deslizante (por exemplo zinco). Na Figura 33, apresentam-se possíveis modelos para aplicação desta proposta de modo a facilitar o escorregamento dos resíduos por gravidade de forma a caírem no contentor pretendido. Estes exemplos são aplicados noutras situações mas permitem a descarga de materiais de forma mais eficiente.



Figura 33 – Exemplos de possíveis aplicações para a proposta.

5.1.5. Contentor auxiliar para outros tipos de plásticos no caso de dúvida da sua tipologia

No sentido de otimizar a triagem manual, é proposto a colocação de dois contentores, um para cada lado da linha de triagem para disposição dos plásticos que os operadores tenham dúvidas no momento da separação relativamente ao tipo de plástico, qual o contentor de separação a colocar e se o material é reciclável ou não. Esta medida permite evitar que passe plástico para o contentor de refugo que pode ser aproveitado, mas por incerteza continua na passadeira, e evitando também que se perca o ritmo de trabalho por dificuldade na identificação.

Posteriormente, os materiais plásticos colocados nestes contentores são novamente triados para avaliação mais rigorosa do tipo de plástico e colocação adequada no contentor de separação respetivo.

5.1.6. Repetir triagem manual do contentor dos refugos otimizando as horas de trabalho

No sentido de aproveitar ao máximo todo o conteúdo de resíduos plásticos encaminhados para o contentor de refugo, sugere-se que estes voltem a passar na linha de triagem por forma a efetuar uma separação mais minuciosa dos plásticos. O objetivo desta proposta é de recuperar pequenas frações, aproveitar possíveis materiais compósitos que podem ser desmantelados e reaproveitados, embalagens de consumo e outros tipos de plásticos que não foram selecionados na linha de triagem por apresentarem contaminação orgânica.

A empresa tem capacidade de triar em média cerca de 12,5 t/dia e em média uma vez por semana enchem um contentor de refugos de 35 m³ (com um peso médio de 2,5 t contentor cheio). Portanto, para uma quantidade de refugo aproximada de 4 % são necessárias cerca de mais 2 h de trabalho por semana.

Assim, propõem-se trabalhar aproximadamente mais 30 minutos por dia, além do horário normal de trabalho (das 8 h às 17 h, com a pausa fixa para almoço das 13 h às 14 h) para triagem dos refugos, de modo a não alterar a produção normal de trabalho.

5.2. Outras propostas de otimização

Por outro lado, apresenta-se outras propostas para otimização dos processos na valorização dos resíduos plásticos que permitem potenciar a triagem e a valorização dos resíduos agrícolas LDPE sujos.

Estas propostas visam também uma pesquisa das tecnologias, métodos aplicáveis, equipamentos e respetiva análise, por forma a otimizar os processos e etapas na gestão dos resíduos.

5.2.1. Proposta para triagem ótica dos resíduos

Esta proposta é apresentada no sentido de melhorar a separação por processos automáticos, para realizar uma triagem de melhor qualidade.

Os resíduos descarregados são sujeitos a uma pré-triagem manual de forma a separar os resíduos de maiores dimensões, em que após serem carregados para um tapete transportador seguem para um alimentador vibratório para distribuição uniforme e depois para o equipamento de separação ótica utilizando o método de infravermelho próximo (NIR).

Descrição técnica do alimentador vibratório:

Este equipamento permite o transporte dos materiais distribuindo-os uniforme e independentemente. Esta máquina é apoiada em elementos de mola/borracha colocados na estrutura de suporte, que é acionado por dois motores vibratórios para alimentação homogénea, necessária para uma separação ótica eficaz (Sotecnisol, 2014).

Proposta de equipamento (especificações):

Este alimentador vibratório é proposto para esta aplicação com base no contacto estabelecido com a Sotecnisol por via *email* que facultou informação técnica do equipamento, Tabela 12, para este estudo.

Tabela 12 - Especificações técnicas do alimentador vibratório (Sotecnisol, 2014).

Função	Separação de resíduos para alimentação homogênea do separador óptico
Modelo	Alimentador vibratório FR 1080 x 2200
Fabricante	Binder
Granulometria	50-300 mm
Largura do aparelho	1,68 m
Altura do aparelho	2,2 m
Comprimento do aparelho	0,175 m
Capacidade	~3 t/h
Potência	1,2 kW

O equipamento tem um desenho especial para distribuição/singularização dos materiais, tecnologia simples e de fácil integração, Figura 34.

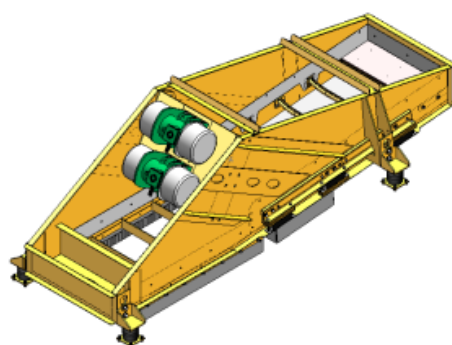


Figura 34 - Exemplo do alimentador vibratório (Sotecnisol, 2014).

Descrição técnica do equipamento óptico:

Os resíduos entram no equipamento através de um tapete perfurado para a máquina, em que o sistema de sensores, identifica os materiais de forma singular ao logo da passadeira.

Este sistema de identificação calcula o local exato dos materiais, em que se efetua um scan em toda a largura do tapete de forma ao material ser detetado pelo *scanner*, identificando os materiais segundo a análise espectral de infravermelhos e através de um jato de ar comprimido, situado por baixo da cinta superior do tapete, o sistema sopra os materiais para uma caixa específica de receção que redireciona os materiais separados para um tapete de descarga lateral (Binder+Co, 2010a); (Binder+Co, 2010b).

Este equipamento permite numa única fase de processamento a separação de 5 frações (PET, PE, PP, PVC ou Tetra Pack, papel e cartão) e uma sexta que é o refugo sendo enviada para um contentor em frente da máquina, a qual deverá ser triada manualmente pelos operadores de forma a aproveitar os restantes resíduos que possam ser recuperados para valorização.

A análise dos dados e a especificação dos parâmetros de triagem efetuam-se através de um computador com ecrã tátil, podendo ser flexível no que diz respeito ao controlo e à escolha dos parâmetros de triagem (Sotecnisol, 2014); (Binder+Co, 2010b).

Proposta de equipamento (especificações):

O equipamento CRITERION foi proposto também com base na informação técnica facultada pela Sotecnisol, Tabela 13.

Esta máquina pode ser construída segundo os requisitos do cliente, bem como ser adaptada ao número e tipo das frações a separar.

Tabela 13 - Especificações técnicas do equipamento CRITERION (Sotecnisol, 2014).

Função	Separção de resíduos plásticos com base em reconhecimento espectroscópico NIR de reflexão e separação por ar comprimido.
Modelo	CRITERION BS 1600
Fabricante	Binder
Fração de separação	6 vias
Granulometria	50-300 mm
Largura de detecção	1600 mm
Largura do equipamento	1,82 m
Altura	2,165 m
Comprimento	10,858 m
Capacidade	~3 t/h
Potência	8 kW

Este equipamento permite adicionar um sensor de análise da cor para identificar e analisar a luz superficial refletida e transmitida que passa nos materiais opacos, acrescentar um sensor de metal ferroso, instalar uma câmara para reconhecimento de informação geométrica se necessário e montar sistemas de sucção e de remoção de poeiras (Binder+Co, 2010b).

A imagem de funcionamento deste equipamento é apresentada na Figura 35, que identifica os

vários elementos que a constituem.

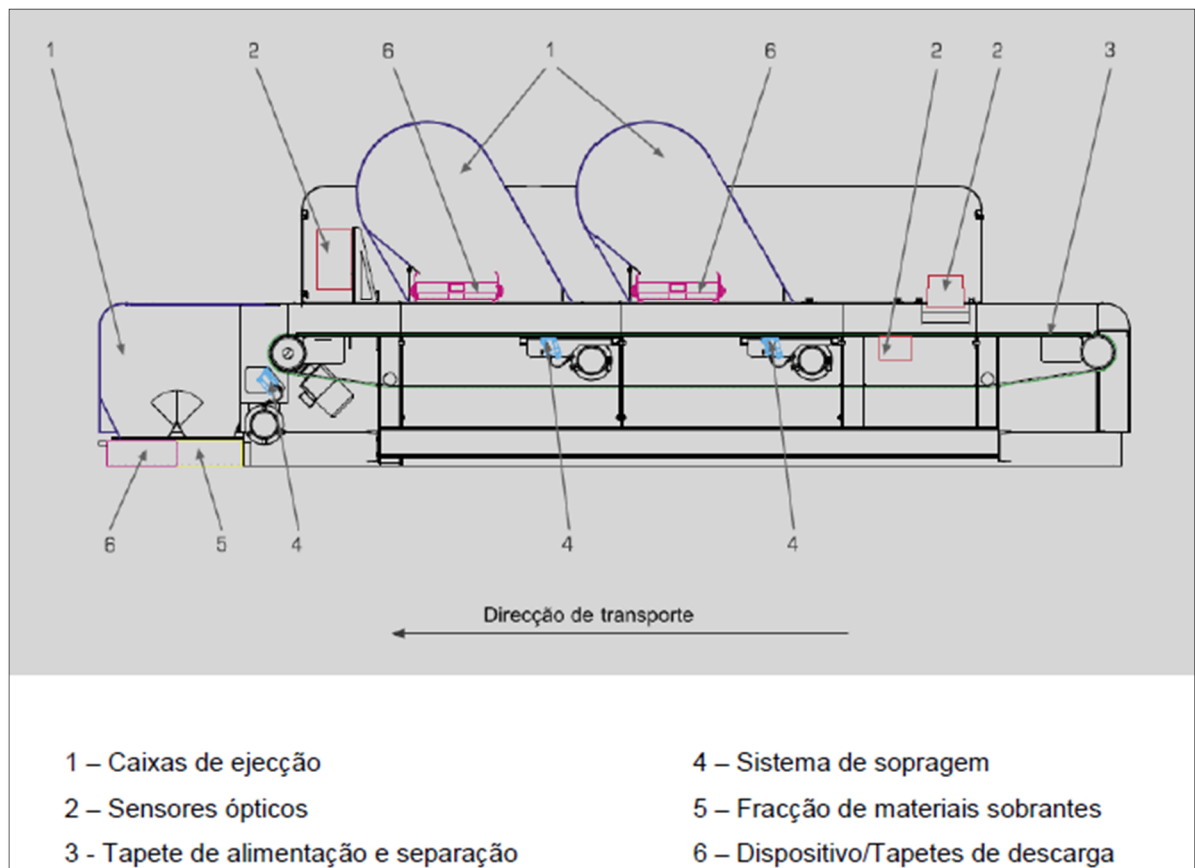


Figura 35 - Exemplo do equipamento de triagem ótica dos resíduos (Binder+Co, 2010b).

Vantagens e desvantagens:

Este sistema automático permite uma maior eficiência na separação dos materiais e melhores condições ambientais e de segurança nos processos operativos face à triagem manual, apesar de este sistema apresentar um alto nível de investimento inicial e reduzir o número de trabalhadores (Scheirs, 1998).

O funcionamento deste sistema permite a gestão das operações manuais e a verificação da máquina num monitor com ecrã táctil que também apresenta as avarias e os erros associados. A qualidade de triagem pode ser adaptada de modo flexível, não só ao material de alimentação como também ao produto final pretendido, ou seja, é possível escolher quais as fracções que se pretende obter (plástico PET, PE, PVC, entre outros).

Na deteção dos materiais, este sistema permite reconhecer os materiais que se encontrem tapados por outros quando passam pelos sensores (Binder+Co, 2010b).

Este sistema é limitado na deteção dos resíduos para a gama de granulometria estabelecida, caso o tamanho do material seja maior haverá dificuldades na deteção ou até mesmo poderá

não ser analisado pelo equipamento (Binder+Co, 2010a).

5.2.2. Propostas para os resíduos plásticos de LDPE sujos

A agricultura é um dos setores que contribui para o aumento significativo do consumo de plásticos, pois as atividades agrícolas recorrem muito ao uso de plásticos, o que origina grandes quantidades de resíduos plásticos, principalmente resíduos plásticos de LDPE (polietileno de baixa densidade).

Por vezes, estes resíduos são deixados ao abandono ou são queimados descontroladamente pelos agricultores libertando substâncias nocivas que afetam a saúde humana e o ambiente, sendo uma prática proibida por lei. Em consequência desta situação torna-se importante a recolha, tratamento e valorização deste tipo de resíduos desta origem.

Os resíduos plásticos da agricultura apresentam normalmente terra, areia, contaminantes e outros materiais que no sentido de terem valor comercial e valorização necessitam de uma lavagem (ou, pelo menos, um pré-lavagem) que os descontamine da matéria orgânica residual e lhes retire o odor que contêm para valorização destes e posteriormente a sua secagem para retirar a humidade contida nos plásticos.

Esta etapa de lavagem e secagem implica a não deposição em aterro destes materiais que prejudicava o cumprimento das metas de reciclagem nacionais, o ambiente e a saúde pública (Briassoulis, Hiskakis, & Babou, 2013).

Nos pontos abaixo indicados são apresentadas duas propostas para os plásticos de LDPE sujos, no sentido de valorizar este tipo de plástico.

5.2.2.1. Moinho com sistema de pré-lavagem e centrifugadora

Nesta proposta é apresentado um moinho com sistema de pré-lavagem e uma centrifugadora para o caso do LDPE sujo que permite a trituração com lavagem e posteriormente a secagem dos materiais.

Descrição técnica do moinho:

Este equipamento permite o corte em tesoura para diminuição do tamanho dos resíduos plásticos com um sistema de pré-lavagem pela introdução de água para remoção de uma primeira etapa dos contaminantes e das sujidades, removendo principalmente areias, terra e outros materiais associados.

Este moinho possui um sistema que permite a deposição das partículas para posterior descarga do efluente gerado (Palbase, Moinho XRT, 2015).

Os contaminantes e a água suja passam por uma peneira e saem por um bocal de descarga na parte inferior da máquina.

Proposta de equipamento (especificações):

Este moinho com sistema de pré-lavagem foi apresentado pela empresa Palbase, que em contacto estabelecido diretamente e por *email* facultou informação técnica do equipamento, Tabela 14.

Tabela 14 – Especificações técnicas do equipamento moinho (Palbase, Moinho XRT, 2015).

Função	Moinho com sistema de pré-lavagem
Modelo	XRT 60100
Potência	110 kW
Capacidade	1100 kg/h
Câmara de corte	600×1000 mm
Diâmetro do rotor	600 mm

O modelo XRT 60100 é exclusivo para o sistema de pré-lavagem, que se apresenta na Figura 36.

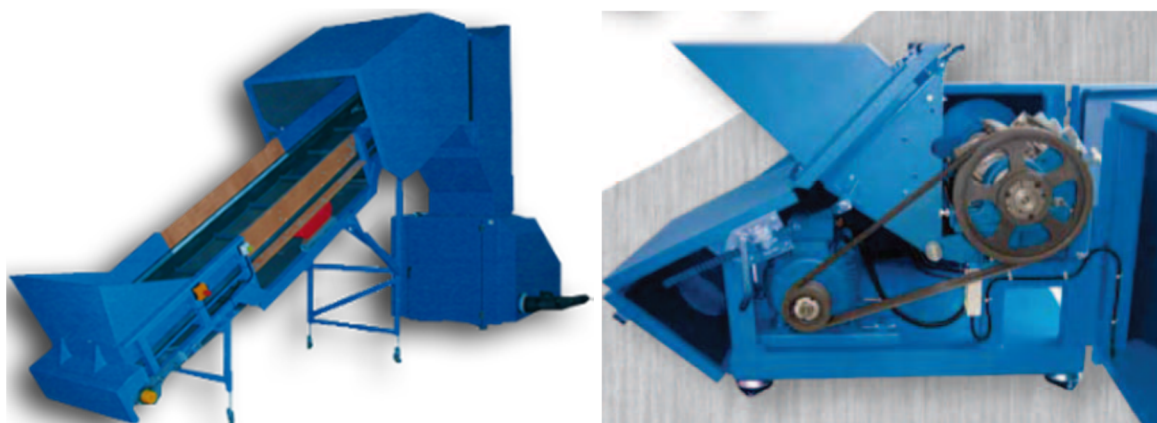


Figura 36 – Exemplo do moinho com sistema de pré-lavagem (Palbase, Moinho XRT, 2015).

Descrição técnica da centrifugadora:

Após a etapa de diminuição do tamanho do material e de lavagem é necessário secar o material plástico por forma a reduzir a percentagem de humidade.

A centrifugadora permite assim a introdução na tremonha de materiais plásticos que são

transportados perpendicularmente ao longo do rotor do secador. Os contaminantes resultantes e a água são removidos pela energia de elevado impacto e evacuados através do crivo saindo por um sem fim.

Este equipamento possui um sistema de autolimpeza de modo a manter uma secagem uniforme melhorando a qualidade do material (Palbase, Centrifugadora, 2015).

Proposta de equipamento (especificações):

A informação técnica foi fornecida pelo catálogo da empresa Palbase apresentada na Tabela 15.

Tabela 15 – Especificações técnicas da Centrifugadora (Palbase, Centrifugadora, 2015).

Função	Centrifugadora
Modelo	CH 100.150
Potência	55-90 kW
Dimensões	1000 x 1500 mm
Furos da grelha	2,5 mm

Este equipamento destina-se à remoção de partículas finas e água do material plástico moído, permitindo obter um baixo teor de humidade da matéria-prima final, Figura 37.



Figura 37 – Exemplo da centrifugadora (Palbase, Centrifugadora, 2015).

Vantagens e desvantagens:

O moinho permite o corte em tesoura que reduz a formação de poeiras e o consumo de energia, tendo um sistema para afinação das lâminas fora do moinho garantindo o rigor na folga entre lâminas e a substituição rápida e cómoda (Palbase, Moinho XRT, 2015).

A limitação deste equipamento é a remoção da sujidade de maior dimensão (num primeiro estágio), em que o material plástico no fim de seco poderá conter ainda contaminação consoante o grau inicial que tinha de contaminação.

A centrifugadora permite obter um baixo teor de humidade da matéria-prima final, de forma a não apresentar graus de humidade superiores a 5%, (entre os 2% e 5%) pois uma secagem correta do material plástico é crucial para a obtenção de um produto ou grão de qualidade.

Esta possui um sistema de auto-limpeza de modo a manter uma secagem uniforme melhorando a qualidade do material (Plasmaq, 2010).

5.2.2.2. Tanque, lavadora e secadora

Esta proposta visa a conjugação de um tanque de decantação/descontaminação, de uma lavadora, seguido de uma secadora para o caso do LDPE sujo que permite lavagem e remoção dos contaminantes, seguido da secagem dos materiais.

Descrição técnica do tanque de decantação/descontaminação:

Nesta proposta o plástico é inicialmente processado nos trituradores já existentes da empresa, sendo que posteriormente são colocados num tanque de decantação/descontaminação, onde os materiais são remexidos por “batedores” que provocam turbulência na superfície da água. De referir que não é adicionado qualquer produto à água, proporcionando a desagregação das impurezas e uma lavagem mais eficiente.

Na fase de limpeza, por efeito de gravidade, os materiais (ex.: terras, areias ou outros materiais) são depositados no fundo do tanque sendo então retirados dos sistemas por meio de roscas transportadoras, separando-se do plástico que por sua vez flutua na superfície da água, através do movimento da água o plástico é transferido para uma máquina lavadora para retirar as impurezas que ficaram no material.

A água proveniente desse tanque encontra-se em circuito fechado, em que só é introduzida água quando o nível diminui e ao fim de algum tempo esta tem de ser substituída consoante as impurezas presentes no plástico, recorrendo a válvulas de descarga para seguir para tratamento por um processo de decantação e recirculação e os efluentes seguem para tratamento ambiental (Rocha, Mota, Sousa, & Aquino, 2005); (Plastimax, 2015).

Descrição técnica da lavadora:

De seguida, o material plástico passa pela lavadora para executar uma lavagem vigorosa que

combina um sistema de fricção e centrifugação com a introdução de água.

Nesta fase pretende-se libertar resto das impurezas contidas nos resíduos plásticos que por um sistema de injeção de água, em que a água em excesso e parte das impurezas são expulsos do sistema pelos furos da carcaça, depositando-se num sem fim (Rocha, Mota, Sousa, & Aquino, 2005); (Plastimax, 2015).

Descrição técnica da secadora:

Após a lavagem, os resíduos plásticos seguem para a secagem para eliminar a humidade contida através da alta rotação do cano que tem uma chapa perfurada para permitir a saída dos líquidos e outras impurezas por válvulas de saída (Kie Máquinas, 2013); (Plastimax, 2015).

Proposta de equipamento (especificações):

A informação técnica, Tabela 16, destes equipamentos foi consultada em catálogos e na informação contida em *sites* de equipamentos de reciclagem.

Tabela 16 - Especificações técnicas da lavadora, tanque e secadora (Kie Máquinas, 2013).

Função	Lavadora	Tanque	Secadora
Modelo	LIK 2000	TDK 5	SIK 2000
Potência	11 kW	1,5 kW	11 kW
Capacidade	Até 1500 kg/h	Até 1500 kg/h	Até 1500 kg/h

A lavadora e secadora são equipamentos fisicamente semelhantes com funções distintas, porém indispensáveis na valorização de plásticos, podendo operar separadamente ou em conjunto com tanques de decantação/descontaminação, Figura 38.



Figura 38 - Exemplo dos equipamentos tanque, lavadora e secadora (Kie Máquinas, 2013).

Vantagens e desvantagens:

As vantagens destes equipamentos é que permitem a lavagem destes plásticos por forma a melhorar a taxa de valorização pela quantidade de contaminação apresentada neste tipo de plásticos, de forma a obter um grau de contaminação de 2%.

As desvantagens associadas a este método é a renovação da água de lavagem e o tratamento para recirculação do tanque e da lavadora produzindo efluentes contaminados que terão de ser encaminhados para tratamento ambiental adequado (Bordonalli & Mendes, 2009).

5.2.3. Viabilidade económica das outras propostas de otimização

Neste ponto é realizado a análise da viabilidade económica das propostas abordadas no subcapítulo anterior, por forma a calcular os custos envolvidos para cada uma das propostas.

A metodologia utilizada para esta análise foi calculada tendo em consideração os custos de mão-de-obra e investimentos, custos fixos e variáveis, custos de manutenção e limpeza dos equipamentos e os cálculos dos indicadores, como a rentabilidade, lucro e período de retorno do investimento (anexo VI).

Nesta análise foram considerados pressupostos comuns para todas as propostas em que o tempo de vida útil dos equipamentos foi considerado 12 anos sendo a idade média considerada de duração destes equipamentos. Para o cálculo de um custo médio ponderado do capital foi estimada uma taxa de atualização de 3%. O tempo necessário para que a empresa recupere o investimento inicial foi definido para um período de 5 anos, pois em termos de viabilidade económica para estas propostas teria de se considerar um tempo médio para rentabilizar o investimento. Como fator de segurança foi admitido o valor de 1,3 no investimento inicial de forma a contar com uma margem de erro de cálculo para os custos de instalação, manutenção, limpeza e custos variáveis.

Os cálculos auxiliares dos equipamentos comuns a cada proposta encontram-se no Anexo VII.

5.2.3.1. Proposta para triagem ótica dos resíduos

Esta análise é realizada por forma a avaliar o ponto de vista técnico e económico da proposta apresentada para triagem ótica dos resíduos misturados, para melhor qualidade de separação.

Os cálculos foram efetuados recorrendo a uma folha de cálculo do Excel, em que os dados de

entrada são apresentados na Tabela 17, para cálculo desta proposta, de acordo com o Anexo VIII.

Tabela 17 - Dados de entrada para o cálculo da viabilidade da proposta.

Dados	Proposta
Valor do Investimento por linha de processamento	$(150000 + 93000) * 1,3 = 315900 \text{ €}$
Valor da matéria-prima	20 €/t
Investimento	315900 €
Custo O&M (Operação e Manutenção) - valor de referência	13 % do valor do investimento
Custo Operação e Manutenção por ano	40202 €
Consumo de energia elétrica	1802 €
Despesa de operadores por ano	18400 €
Limpeza e manutenção do equipamento	20000 €

O valor da matéria-prima foi considerado como valor médio por suposição, tendo em conta os valores médios dos resíduos e as suas densidades para chegar a um resultado final para análise da viabilidade desta proposta.

O custo do alimentador vibratório foi consultado segundo Rosa (2005) e o valor do equipamento ótico foi consultado no artigo de Graham (2006) para ter um valor estimado do custo dos equipamentos para se obter o cálculo do custo total do investimento.

Os gastos com a limpeza e manutenção para estes equipamentos foram estimados com base no valor cedido pela empresa para os custos de manutenção de um triturador (8200 €/ano), tendo sido estimado um custo de 20000 €/ano com base na informação fornecida. Este valor teve em consideração as dimensões do equipamento face ao valor cedido e à limpeza e manutenção necessárias.

Na análise da viabilidade económica desta proposta foram definidos potenciais cenários, em que se estabeleceram valores de referência (células a cinzento), de acordo com a Tabela 18, para análise dos parâmetros da quantidade processada, do valor de venda dos plásticos e do número de horas de trabalho necessários, bem como a receita e o balanço entre a receita e os

custos até ao final do quinto ano.

Tabela 18 – Cenários para análise da viabilidade económica da proposta.

<u>Dados:</u>	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Valor da venda (€)	50	64	59
Quantidade processada (t/ano)	5313	4250	5313
Nº de horas de trabalho por ano (h)	1771	1771	1771
Receita anual (€)	255024	260743	298595
Balanço nos 5 anos (€)	-19945	0	0

Nesta proposta foi considerado 4 % dos refugos no valor da receita para ter em conta a quantidade que não é aproveitada, ou seja, apenas 96 % dos resíduos triados serão entregues para valorização.

Na análise dos cenários apresentados pode-se concluir que para vender os diferentes resíduos plásticos a um valor ponderado de 50 €/t, para uma capacidade máxima de processamento, esta proposta apresentaria prejuízo para a empresa na ordem dos 19945 € no final dos 5 anos do período de retorno pretendido. No entanto, este cenário só apresenta um balanço positivo ao fim de aproximadamente 5 anos e 5 meses, sendo aceitável pois não se afasta muito do período definido.

No cenário 2, sabendo que a capacidade do equipamento é de processar cerca de 3 t/h e sabendo que as paragens da linha de processamento poderão acontecer pelas diversas razões de ordem prática (descritas no subcapítulo 5.1.3), se se estimar que o equipamento encontra-se em funcionamento apenas cerca de 80 % do tempo disponível então a quantidade processada seria 4250 t/ano considerando-se esta uma quantidade mais aproximada da realidade da empresa. O valor ponderado de venda dos resíduos seria superior a 64 € para 1771 h de trabalho num ano, de modo a obter um balanço positivo em 5 anos.

No sentido de rentabilizar o investimento (cenário 3) face ao número de horas de trabalho num ano (1771 h) e considerando a exploração total da capacidade do equipamento, a quantidade processada seria cerca de 5300 t/ano. O valor de venda dos resíduos para este cenário é viável a partir de 59 €

5.2.3.1. Propostas para os resíduos plásticos de LDPE sujos

Na análise da viabilidade económica das propostas para os resíduos plásticos de LDPE sujos

são apresentadas duas propostas para verificar a sua rentabilidade. Nesta análise são considerados os dados de entrada conforme Tabela 19, de acordo com o anexo IX e X, para as propostas 1 e 2, respetivamente.

Tabela 19 - Dados de entrada para o cálculo da viabilidade das propostas.

Dados	Proposta 1	Proposta 2
Valor do Investimento	$(6500+72500+29000) \times 1,3 =$ por linha de 140400 € processamento	$(6500+15000+18000+29000) \times 1,3 =$ por linha de 89050 € processamento
Tratamento ambiental	24,50 €t (excluindo transporte)	24,50 €t (excluindo transporte)
Valor da matéria-prima	0 €t	0 €t
Investimento	140400 €	89050 €
Custo O&M (Operação e Manutenção) - valor de referência	59 % do valor do investimento	66 % do valor do investimento
Custo Operação e Manutenção por ano	82488 € por ano	58431 € por ano
Gastos com consumo de energia elétrica	39247 €	4675 €
Gastos com processos e tratamentos	2000 €	2500 €
Gastos com consumo de água	3642 €	13656 €
Gastos com os operadores por ano	27600 €	27600 €
Limpeza e manutenção do equipamento	10000€	10000 €

Na proposta 1, o custo do moinho foi facultado pela empresa Palbase, mas o custo da centrífugadora e do transportador, assim como os valores da proposta 2 foram definidos com

base num documento do Instituto do PVC (2014) para se obter um valor estimado do custo dos equipamentos.

Nas duas propostas foram avaliados os gastos nos processos e tratamentos associados tendo como fonte de consulta um artigo de Bordonalli & Mendes (2009). Os gastos com a limpeza e manutenção para as duas propostas foram estimados com base no valor cedido pela empresa para os custos de manutenção de um triturador que são de 8200 €/ano em que com base nesta informação foi pressuposto um custo de 10000 €/ano.

No sentido de analisar a viabilidade económica destas propostas foram apresentados potenciais cenários para as propostas 1 e 2, fixando valores de base (células a cinzento), Tabela 20, de forma a verificar a rentabilidade de cada uma para este investimento.

Tabela 20 - Cenários para análise da viabilidade económica das propostas.

<u>Dados:</u>	Proposta 1			Proposta 2		
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Valor da venda (€)	20	155	147	20	102	97
Quantidade processada (t/ ano)	1950	1560	1950	2657	2126	2657
Nº de horas de trabalho por ano (h)	1771	1771	1771	1771	1771	1771
Receita anual (€)	27280	169202	199940	37191	151150	180014
Balanço nos 5 anos (€)	- 790756	0	0	- 654090	0	0

Nestas propostas foi considerado 30 % de contaminação média associada aos resíduos plásticos no valor da receita para ter em conta a percentagem de sujidade dos materiais.

Da análise do cenário 1 para a proposta 1 e 2, conclui-se que para vender o plástico LDPE a 20 € na capacidade máxima de processamento e de horas de trabalho, este investimento terá prejuízo para a empresa. Para que este cenário apresente um balanço positivo, o investimento é recuperado a partir de aproximadamente 6 anos para a proposta 1, e cerca de 5 anos e 8 meses para a proposta 2. O valor de venda utilizado neste cenário foi pressuposto como valor mínimo de venda destes plásticos para se obter um resultado final estimado para cada proposta.

Sabendo que o equipamento processa 1,1 t/h para a proposta 1 e 1,5 t/h para a proposta 2, estima-se que o equipamento funcione apenas cerca de 80 % do tempo disponível para paragens da linha de lavagem para descarga dos efluentes. Portanto, no cenário 2, é feita a análise para 80 % da quantidade máxima que o equipamento pode processar que é de 1560

t/ano e 2126 t/ano para as propostas 1 e 2, respetivamente. O valor aproximado de venda dos resíduos plásticos seria de 155 €e de 102 € para as propostas 1 e 2, respetivamente, em 1771 h de trabalho num ano.

Para o cenário 3, pode-se concluir que para rentabilizar o investimento na totalidade das capacidades máximas de trabalho e de processamento para estas propostas, apresentam rentabilidade no valor de venda dos resíduos plásticos a partir dos 147 €e dos 97 € para as propostas 1 e 2, respetivamente.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

6. Conclusões

O estudo realizado sobre os processos de gestão de resíduos da ABResíduos permitiu apresentar contribuições para a otimização dos processos de separação para a sua valorização, reduzindo o envio de plásticos para aterro.

O acompanhamento das operações de gestão e valorização dos resíduos plásticos permitiu a observação de situações que podem ser melhoradas relativamente aos processos internos de controlo das operações e de organização na triagem que evitem a ocorrência de plásticos para refugo.

No sentido do *eco-design* do produto pode-se concluir que os produtos produzidos hoje em dia apresentam ainda características e materiais de difícil desmantelamento e até de identificação por parte dos operadores da triagem. Seria importante que num futuro próximo os produtos fossem desenvolvidos e produzidos mais no sentido da valorização dos materiais, viabilidade de desmantelamento e identificação em todos os materiais.

O controlo operacional na empresa é um fator muito importante a ter em conta por forma a registar e a verificar medidas preventivas para a otimização das operações de gestão de resíduos para a valorização dos plásticos nos seus processos, podendo potenciar até 4% de material de refugo.

A adoção de medidas na receção de resíduos que facilitem a triagem manual nesta empresa é importante no sentido de otimizar a eficiência de trabalho e a apresentação dos materiais para que facilitem a separação, bem como a sua identificação. Estas medidas vão desde a homogeneização e dispersão dos materiais na passadeira, o ajuste da velocidade das passadeiras, a organização da colocação dos materiais separados nos contentores corretos e a adição de contentores para materiais de difícil identificação à primeira abordagem.

Na valorização de resíduos plásticos para redução de envio para aterro seria necessário em termos ambientais e para a saúde humana o aproveitamento de todas as frações que se encontram no contentor dos refugos, no sentido de se efetuar nova triagem manual para aproveitamento de todos os materiais plásticos recicláveis.

As propostas abordadas em termos de viabilidade económica foram apresentadas no sentido de aproveitar os materiais com melhor qualidade, bem como para lhes dar uma melhor valorização das condições de limpeza a que se apresentavam.

Os sistemas óticos apresentam melhorias aos sistemas atuais de triagem manual mas que tem

de apresentar sempre uma parte manual para seleção das dimensões dos materiais, bem como triagem dos refugos.

Os sistemas de lavagem e secagem dos materiais plásticos sujos provenientes da agricultura (LDPE) são importantes no sentido da valorização do resíduo, mas no sentido ambiental apresentam problemas no tratamento ambiental do efluente gerado com potenciais químicos.

Este trabalho apresenta determinadas limitações, entre as quais houve dificuldade na identificação, caracterização e classificação dos vários tipos de plásticos e códigos LER associados. No entanto, como a área dos plásticos era um pouco desconhecida existiu alguma dificuldade inicial na sua compreensão, mas com ajuda e colaboração da empresa em estudo, rapidamente foi conhecido os conceitos que lhe estavam associados.

Outra limitação foi a dificuldade de adquirir informações técnicas e económicas sobre os equipamentos propostos no contacto por *emails* e telefonemas efetuados com as empresas de equipamentos/máquinas industriais que não respondiam ou se mostravam indisponíveis para ceder informação.

Na falta desta informação foi analisado catálogos e *websites* de equipamentos que continham muito pouca informação técnica, o que dificulta o conhecimento das características e funcionamento dos equipamentos. Os custos dos equipamentos também não se encontram disponíveis nos *websites*, nem em catálogos da marca dos equipamentos, dificultando a análise económica mais rigorosa das propostas.

Face à pouca expressão de dados económico-financeiros e dados técnicos disponibilizados por parte das empresas e mesmo em referências bibliográficas, foi incluído um fator de segurança de 1,3 no investimento inicial por forma a contornar em parte as dificuldades apresentadas na obtenção de propostas, pelo que se admite que os valores de investimento inicial poderão estar sobredimensionados.

Como trabalho futuro seria importante realizar a contabilização do controlo das quantidades rececionadas, triadas, aproveitadas e que vão para refugo, de forma a avaliar com mais rigor a gestão dos resíduos e adoção destas medidas propostas.

7. Referências Bibliográficas

- ABResíduos. (2014). Informação cedida pela ABResíduos.
- Albuquerque, J. A. (1990). *O plástico na prática*. (D. C. Ltda, Ed.) Porto Alegre.
- American Plastics Council, N. (1997). Automated Sorting Systems. *Best Practices in PET Recycling*. NAPCOR.
- APA. (2014a). *Fiscalidade Verde*. Obtido em 20 de Janeiro de 2015, de Agência Portuguesa do Ambiente: http://www.crescimentoverde.gov.pt/wp-content/uploads/2014/10/ReformaFiscalidadeVerde_GreenTaxReform_emagazine.pdf
- APA. (2014b). *Sistema Integrado de Registo Eletrónico de Resíduos (SIRER)*. Obtido em 10 de Dezembro de 2014, de Agência Portuguesa do Ambiente: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=212>
- APA. (2014c). *Classificação de Resíduos - Lista Europeia de Resíduos (LER)*. Obtido em 10 de Dezembro de 2014, de Agência Portuguesa do Ambiente: <http://www.apambiente.pt/index.php?ref=16&subref=84&sub2ref=254&sub3ref=264>
- Associação Empresarial de Portugal, A. (2011). *Manual de Gestão de Resíduos Industriais*. (C. Vieira, Ed.) AEP- Associação Empresarial de Portugal.
- Bezati, F., Froelich, D., Massardier, V., & Maris, E. (Outubro de 2011). Addition of X-ray fluorescent tracers into polymers, new technology for automatic sorting of plastics: Proposal for selecting some relevant tracers. *Resources, Conservation and Recycling*, 55, 1214-1221.
- Binder+Co. (2010a). *Binder+Co - Sorting - Plastics - CRITERION*. Obtido em 15 de Janeiro de 2015, de Binder+Co - Environmental Technology: <http://www.binder-co.com/en/produkte/sortieren/Kunststoff/Criterion/criterion.php>
- Binder+Co. (2010b). *Binder+Co - criterion PLUS*. Obtido em 15 de Janeiro de 2015, de Binder+Co: http://www.binder-co.com/downloads/CRITERION_esp.pdf
- Bordonalli, A. C., & Mendes, C. G. (Abril/Junho de 2009). Reúso de água em indústria de reciclagem de plástico tipo PEAD. *Eng Sanit Ambient*, 14, 235-244.
- Briassoulis, D., Hiskakis, M., & Babou, E. (Junho de 2013). Technical specifications for mechanical recycling of agricultural plastic waste. *Waste Management*, 33, 1516-1530.
- Chiemchaisri, C., Charnnok, B., & Visvanathan, C. (Março de 2010). Recovery of plastic wastes from dumpsite as refuse-derived fuel and its utilization in small gasification system. *Bioresource Technology*, 101, 1522-1527.

- Comissão Europeia. (2013). *Livro Verde sobre uma estratégia europeia para os resíduos de plástico no ambiente*. Bruxelas: Comissão Europeia.
- Corrêa, L. C. (2012). Alternativa para o plástico: Reciclagem Energética. (C. d. Gotardo, Ed.) pp. 49-60.
- Edward A Bruno. (1997). *Automated Sorting of Plastics for Recycling*. Department of Engineering Science and Mechanics, Pennsylvania State University.
- Esgalhado, H., & Rocha, A. (2002). *Materiais plásticos para a construção civil : características e tipos de aplicação*. (L. N. Civil, Ed.) Lisboa: Sector de Edições e Artes Gráficas do CDIT.
- Faria, F. P. (2011). *A reciclagem de plástico a partir de conceitos de Produção Mais Limpa*. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Cidade Universitária, Gestão da Produção, Operações e Sistemas , Rio de Janeiro.
- Fogaça, Y. G. (2011). *A reciclagem de embalagens em Polietileno Tereftalato*. Faculdade de Tecnologia da Zona Leste, Tecnologia em Produção de Plásticos. São Paulo: Centro Paula Souza.
- Forlin, F. J., & Faria, J. d. (2002). Considerações Sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 12 , 1, 1-10.
- Gaiker, C. D., & Kc, A. (2005). *Setting-up of European Virtual Institute for Recycling - Technological reference paper on recycling plastics*. "Virtual European Recycling Centre" - VERC, Creation of an information centre and networking in recycling in europe. Fundación GAIKER.
- Gershman, B., & Bratton, I. (2013). *Gasification of Non-Recycled Plastics From Municipal Solid Waste In the United States*. The American Chemistry Council. Arlington Boulevard : GBB - Solid waste management consultants.
- Graham, B. (Abril de 2006). A Review of Optical. *Canadian Plastics Industry Association and Techonoly to Sort Plastics & Other Containers*.
- Instituto do PVC. (2014). *Viabilidade técnico-econômica do empreendimento*. Obtido em 15 de Fevereiro de 2015, de Instituto do PVC:
<http://www.institutodopvc.org/reciclagem/interf/pdf/viabilidade.pdf>
- Junior, L. C., Silva, F. R., & Deus, E. P. (2013). Avaliação e Caracterização de Tubos Fabricados com PVC Reciclado. *Polímeros Ciência e Tecnologia*, 23, 4, 547-551.
- Kie Máquinas. (2013). *Lavadoras e Secadoras KIE*. Obtido em 6 de Janeiro de 2015, de Kie - Equipamentos para Reciclagem: <http://kie.com.br/index.php/lavadoras-e-secadoras>
- Letras, M. C. (2008). *Reciclagem de Plásticos: Identificação de contaminantes e estratégias de valorização dos resíduos industriais*. Dissertação de Mestrado, Universidade Nova

de Lisboa, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Departamento de Ciências e Engenharia do Ambiente, Lisboa.

- Lima, C. (2011). *Identificação de Plásticos através de Testes Físico – Químicos*. Agrupamento de Escolas Dr^a Laura Ayres, Química - 12^o Ano. Direção regional de educação do algarve.
- Luízio, M. A. (Setembro de 2009). *Monitorização e controlo dos fluxos de materiais resultantes do tratamento de REEE, no âmbito da actividade de uma Entidade Gestora*. Dissertação de Mestrado, Instituto Superior Técnico - Universidade Técnica de Lisboa, Engenharia do Ambiente, Lisboa.
- Neidel, T. L., & Jakobsen, J. B. (2013). *Report on initial assessment of relevant recycling technologies*. Plastic ZERO - Public Private Cooperations for Avoiding Plastic as a Waste. Life + Plastic Zero.
- Palbase. (2015). *Centrifugadora*. Obtido em 20 de Janeiro de 2015, de Palbase - Equipamentos industriais, Lda: <http://www.palbase.pt/?pt#!/3/60/Centrifugadoras/>
- Palbase. (2015). *Moinho XRT*. Obtido em 20 de 01 de 2015, de Palbase - Equipamentos industriais, Lda: <http://www.palbase.pt/?pt#!/2/15/Industria-de-Reciclagem/>
- Paulo, S. S. (2012). *Indústria da transformação do material plástico : manual de segurança e saúde no trabalho*. São Paulo: SESI – Serviço Social da Indústria.
- Pinto, J. C., & et al. (2012). *Impactos ambientais causados pelos plásticos: uma discussão abrangente sobre os mitos e os dados científicos*. Rio de Janeiro - Brasil: E-papers, 2012.
- Plasmaq. (2010). *Sistemas de Reciclagem*. Obtido em 21 de Maio de 2014, de PLASMAQ - Equipamentos para Reciclagem e Recuperação: <http://www.plasmaq.pt/>
- Plastics Europe. (2014). *PlasticsEurope - Association of plastics manufacturers*. Obtido em 2014, de The plastics portal: <http://www.plasticseurope.org/plasticssustainability/zero-plastics-to-landfill.aspx>
- Plastimax. (2015). *Lavadoras e Secadoras Plastimax*. Obtido em 9 de Janeiro de 2015, de Plastimax Máquinas - Soluções para reciclagem de plásticos: <http://www.plastimaxmaquinas.com.br/Produtos.aspx?XD=38>
- Plastval. (2008). *Identificação de plásticos*. Obtido em 2014, de Plastval melhor ambiente: <http://www.plastval.pt/>
- Rocha, É. J., Mota, S., Sousa, S. T., & Aquino, M. D. (2005). Caracterização das águas de lavagem de uma recicladora de plásticos e viabilidade do seu reúso. *23^o Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

- Rosa, M. P. (2005). *Viabilidade econômico-financeira e benefícios ambientais da implantação de uma usina de reciclagem de resíduos da construção civil produzidos em Florianópolis - SC*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, Engenharia Civil.
- Santos, L. R. (Setembro de 2009). *Avaliação da Eficiência da Separação de Plásticos de Resíduos Sólidos Urbanos por Métodos de Dissolução Selectiva*. Tese de Mestrado, Universidade do Minho - Escola de Engenharia, Guimarães.
- Scheirs, J. (1998). *Polymer Recycling: Science, Technology and Applications*. Australia: ExcelPlas.
- Sotecnisol. (2014). Informação cedida pela sotecnisol.
- Sousa, M. E. (Janeiro de 2008). *Operadores de gestão de resíduos de Plástico*. Lisboa: Inspeção-Geral do Ambiente e do Ordenamento do Território.
- Spinacé, M. A., & Paoli, M. A. (Janeiro/Fevereiro de 2005). A tecnologia da reciclagem de polímeros. *Química Nova*, 28, 1, 65-72.
- The Facts 2013, P. (2013). *Plastics - the Facts 2013 - An analysis of European latest plastics production, demand and waste data*. In P. a. Europe (Ed.). Belgium: The European Plastics Industry.
- The Facts 2014/2015, P. E.-A. (2015). *Plastics - the Facts 2014/2015 - An analysis of European plastics production, demand and waste data*. In P. (. Organisations) (Ed.). Belgium: The European Plastics Industry.
- Trinseo. (2014). *Eco-Profiles and Life Cycle Analyses*. Obtido de Trinseo: <http://www.trinseo.com/sustainability/operations/eco-profiles.htm>
- Valorcar. (2014). *Valorcar*. Obtido em Dezembro de 2014, de Guia de desmantelamento de VFV: http://www.valorcar.pt/core/components/manageLibFiles/uploads/D/Guia%20de%20desmantelamento%20online_03.pdf
- Xiuli Qu and Stuart Williams, J. a. (2006). Viable plastics recycling from end-of-life electronics. *IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing*, (pp. 25-31).

Anexos

Anexo I – Listagem da Legislação abordada (verificada a 31 de dezembro de 2014) ao longo deste relatório.

A legislação nacional apresentada a seguir encontra-se na página do diário da república (<https://dre.pt/>) e a legislação comunitária na página EUR-Lex – Europa (<http://eur-lex.europa.eu/>).

Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de junho. (2011). Diário da República - 1.ª Série, Nº 116, de 2011-06-17, Pág. 3251 - 3300(Regime geral da gestão de resíduos)

Decreto-Lei nº178/2006, de 5 de setembro. (2006). Diário da República - 1.ª Série, Nº 171, de 2006-09-05, Pág. 6526. (Regime geral da gestão de resíduos).

Diretiva nº 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro de 2008. (2008). JO L 312 de 22.11.2008, p. 3-30. (Relativa aos resíduos).

Decreto-Lei nº 89/2002, de 9 de abril. (2002). Diário da República - 1.ª Série A, Nº 83, de 2002-04-09, Pág. 3350(Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Industriais (PESGRI)).

Portaria nº 1408/2006, de 18 de dezembro. (2006). Diário da República - 1.ª Série, Nº 241, de 2006-12-18, Pág. 8475. (Aprova o Regulamento de Funcionamento do Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos).

Portaria nº 320/2007, de 23 de março. (2007). Diário da República - 1.ª Série, Nº 59, de 2007-03-23, Pág. 1699. (Altera a Portaria n.º 1408/2006 relativa ao SIRER).

Portaria nº 209/2004, de 3 de março. (2004). Diário da República - 1.ª Série B, Nº 53, de 2004-03-03, Pág. 1188. (Aprova a Lista Europeia de Resíduos).

Portaria nº 335/97, de 16 de maio. (1997). Diário da República - 1.ª Série B, Nº 113, de 1997-05-16, Pág. 2440. (Guias de acompanhamento de resíduos).

Decreto-Lei nº 41-A/2010, de 29 de abril. (2010). Diário da República - 1.ª Série, Nº 83-Supl, de 2010-04-29, Pág. 1486-(2) - 1486-(1972)(Transporte de mercadorias perigosas por via terrestre).

Decreto-Lei nº 19-A/2014, de 7 de fevereiro. (2014). Diário da República - 1.ª Série, Nº 27-Supl, de 2014-02-07, Pág. 1268-(2) - 1268-(1720)(Relativo ao transporte terrestre de mercadorias perigosas).

Decreto-Lei nº 45/2008, de 11 de março. (2008). Diário da República - 1.ª Série, Nº 50, de 2008-03-11, Pág. 1539 - 1543. (Relativo à transferência de resíduos).

Decreto-Lei nº 23/2013, de 15 de fevereiro. (2013). Diário da República - 1.ª Série, Nº 33, de 2013-02-15, Pág. 936 - 937. (Altera o Decreto-Lei n.º 45/2008).

Regulamento (CE) nº 1013/2006, de 14 de junho de 2006). Regulamento (CE) nº 1013/2006. Jornal Oficial da União Europeia(Transferências de resíduos), L 190/1 - 98.

Lei n.º 82-D/2014, de 31 de dezembro. (2014). Diário da República - 1.ª Série, Nº 252-2º Supl, de 2014-12-31, Pág. 6546-(320) - 6546-(338) (Fiscalidade Verde).

Portaria nº 286-B/2014, de 31 de dezembro. (2014). Diário da República - 1.ª Série, Nº 252-3ºSupl, de 2014-12-31, Pág. 6546-(426) - 6546-(428). (Regulamenta a contribuição sobre os sacos de plástico leves).

Decreto-Lei nº 92/2006, de 25 de maio. (2006). Diário da República - 1.ª Série A, Nº 101, de 2006-05-25, Pág. 3504(Gestão de Embalagens e resíduos de embalagens).

Decreto-Lei nº 110/2013, de 2 de agosto. (2013). Diário da República - 1.ª Série, Nº 148, de 2013-08-02, Pág. 4552 - 4554(Gestão de embalagens e de resíduos de embalagens).

Decreto-Lei nº 67/2014, de 7 de maio. (2014). Diário da República - 1.ª Série, Nº 87, de 2014-05-07, Pág. 2670 - 2692(Gestão de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos).

Decreto-Lei nº 196/2003, de 23 de agosto. (2003). Diário da República - 1.ª Série A, Nº 194, de 2003-08-23, Pág. 5489(Gestão de veículos em fim de vida).

Decreto-Lei nº 114/2013, de 7 de agosto. (2013). Diário da República - 1.ª Série, Nº 151, de 2013-08-07, Pág. 4739 - 4741(Gestão de veículos em fim de vida).

Decreto-Lei nº 46/2008, de 12 de março. (2008). Diário da República - 1.ª Série, Nº 51, de 2008-03-12, Pág. 1567 - 1574(Gestão de resíduos de construção e demolição).

Portaria nº 417/2008, de 11 de junho. (2008). Diário da República - 1.ª Série, Nº 111, de 2008-06-11, Pág. 3403 - 3405(Guias de acompanhamento de resíduos de RCD).

Portaria nº 40/2014, de 17 de fevereiro. (2014). Diário da República - 1.ª Série, Nº 33, de 2014-02-17, Pág. 1435 - 1442(Normas para a correta remoção dos materiais contendo amianto).

Decreto-Lei nº 43/2004, de 2 de março. (2004). Diário da República - 1.ª Série A, Nº 52, de 2004-03-02, Pág. 1108(Gestão de pneus e pneus usados).

Diretiva nº 2010/75/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 24 de novembro de 2010. (2010). JO L 334 de 17.12.2010, p. 17—119. (Relativa às emissões industriais).

Decreto-Lei nº 183/2009, de 10 de agosto. (2009). Diário da República - 1.ª Série, Nº 153, de 2009-08-10, Pág. 5170 - 5198(Relativo à deposição de resíduos em aterro).

Decreto-Lei nº 88/2013, de 9 de julho. (2013). Diário da República - 1.ª Série, Nº 130, de 2013-07-09, Pág. 3944 - 3946(Regime jurídico da deposição de resíduos em aterro).

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo III – Tabela com documentos a entregar pelo proprietário/detentor consoante o tipo de veículo (ABResíduos, 2014).

Tipo de veículo	Situação	Documentos a entregar pelo proprietário/detentor
Ligeiro	Veículos em situação regular	<u>Documentos de identificação da viatura</u> •Livrete e Título de Registo de Propriedade <u>ou</u> <u>Documentos de Identificação do Proprietário</u> •BI e Cartão de Contribuinte <u>ou</u> •Cartão do cidadão
	Outras situações: Veículos com documentação apreendida pela DGV; Situações de óbito do proprietário; Veículos acidentados; Veículos pertencentes a empresas; Veículos com reserva de propriedade; outros.	Os mesmos documentos apresentados para veículos em situação regular e/ ou outros específicos da situação em causa. Em caso de dúvida, entre em contacto com o Dep. De Gestão de Resíduos.
Pesado	Veículos em situação regular	<u>Documentos de identificação da viatura</u> •Livrete e Título de Registo de Propriedade <u>ou</u> •Documento único <u>e</u> •Certidão da conservatória automóvel em como existem ónus ou encargos do referido veículo <u>Documentos de Identificação do Proprietário</u> •BI e Cartão de Contribuinte <u>ou</u> •Cartão do cidadão
	Outras situações: Veículos com documentação apreendida pela DGV; Situações de óbito do proprietário; Veículos acidentados; Veículos pertencentes a empresas; Veículos com reserva de propriedade; outros.	Os mesmos documentos apresentados para veículos em situação regular e/ ou outros específicos da situação em causa. Em caso de dúvida, entre em contacto com o Dep. De Gestão de Resíduos.

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo IV – Tabela das categorias dos vários REEE e seus exemplos (ABResíduos, 2014).

Categorias	Exemplos
1 – Grandes eletrodomésticos.	Frigoríficos, máquinas de lavar roupa e louça, secadores de roupa, fogões, micro-ondas, aparelhos de ar condicionado, ventoinhas.
2 – Pequenos eletrodomésticos.	Aspiradores, ferros de engomar, torradeiras, máquinas de café (elétricas), secadores de cabelo, escovas de dentes elétricas, relógios, balanças.
3 – Equipamentos informáticos e de telecomunicações.	Computadores (pessoais e portáteis), impressoras, máquinas de escrever, calculadoras, telefones, telemóveis, postos de telefone públicos.
4 – Equipamentos de consumo.	Aparelhos de rádio e televisão, câmaras de vídeo, instrumentos musicais.
5 – Equipamentos de iluminação.	Lâmpadas fluorescentes, lâmpadas de descarga.
6 – Ferramentas elétricas e eletrónicas (com exceção de ferramentas industriais fixas de grandes dimensões).	Berbequins, serras, máquinas de costura, ferramentas elétricas para cortar relva ou outras atividades de jardinagem ou agricultura.
7 – Brinquedos e equipamentos de desporto e lazer.	Comboios elétricos ou pistas de carros de corrida, consolas de jogos portáteis, jogos de vídeo, equipamento desportivo (elétrico).
8 – Aparelhos Médicos (com exceção de todos os produtos implantados e infetados).	Equipamentos de radiologia, equipamentos de cardiologia.
9 – Instrumentos de monitorização e controlo.	Detetores de fumo, termóstatos, painéis de controlo.
10 – Distribuidores automáticos.	Distribuidores automáticos de bebidas, de garrafas ou latas, de produtos sólidos; distribuidores automáticos de dinheiro (como as caixas Multibanco).

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo V - Folhas de registo do controlo operacional.

	Folha de registo diário do controlo das entradas dos resíduos	Data: ___/___/___
---	--	--------------------------

Hora	Cliente	Código LER	Designação do resíduo	Quantidade rececionada	Verificação dos resíduos							
					0	1	2	3	4			
<u>Legenda:</u> Anote a hora a que entrou os resíduos	<u>Legenda:</u> Anote o nome do cliente dos resíduos que entram	<u>Legenda:</u> Anote os códigos LER dos resíduos que entram	<u>Legenda:</u> Anote o tipo de designação atribuída aos resíduos relativamente aos LER atribuídos	<u>Legenda:</u> Anote o peso dos resíduos rececionados	<u>Legenda:</u> Assinale com um X, se é ou não relativo ao LER e à designação do resíduo: 0 – Não está de acordo 2 – Parcialmente de acordo 4 – Está de acordo							
Identificação dos resíduos separáveis							Estimativa de sujidade / contaminação					Observações
Plástico	Cartão/ Papel	Metais	Madeiras	Vidro	Materiais elétricos	Outros	0	1	2	3	4	
<u>Legenda:</u> Assinale com um X os resíduos que deviam ser separados da carga e que não pertencem aos códigos LER e à designação atribuída.							<u>Legenda:</u> Assinale com um X: 0 - Nada contaminado 2 - Moderadamente contaminado 4 - Muito contaminado					<u>Legenda:</u> Anote eventuais observações sobre a mistura de resíduos ou da identificação dos resíduos separáveis

**Folha de registo diário do controlo das operações resultantes da triagem**

Data: ___/___/___

Nome do operador:	
Hora do registo:	Tipo de resíduo:

Tipo de resíduo:								
Plástico filme	Plástico branco e de cor	Plástico de rafia, redes ou bigbags	Plástico PET (garrafas e garrafões)	Plástico de esferovite	Plástico de tubagem	Plástico de fitas ou cintas	Plástico de caixas	Plástico de fita de rega
Plástico de embalagem contaminado	Plástico acrílico	Plástico de Persianas e esquadrias	Plástico de embalagem rígido	Cartão/ Papel	Metais	Madeiras	Vidro	Materiais elétricos

Legenda: Assinale com um X o tipo de resíduo que foi separado.

Tipo de acondicionamento:				
Silo	Contentor	Bigbag	Outro	Observações: (Relativas às dimensões e capacidades dos acondicionamentos)

Legenda: Assinale com um X o tipo de acondicionamento utilizado para colocar o resíduo separado.

Número de vezes que o tipo de acondicionamento utilizado enche									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Legenda: Assinale com um X o número de vezes que o tipo de acondicionamento utilizado encheu.

**Folha de registo do controlo e análise dos refugos**

Data: ___/___/___

Peso do contentor vazio	Peso do contentor dos refugos	Peso dos refugos

Tipo de resíduo	Estimativa dos materiais aproveitáveis		
	Residual	Pouco razoável	Razoável
Plástico filme			
Plástico branco e de cor			
Plástico de rafia, redes ou bigbags			
Plástico PET (garrafas e garrafões)			
Plástico de esferovite			
Plástico de tubagem			
Plástico de fitas ou cintas			
Plástico de caixas da fruta e legumes			
Plástico de fita de rega			
Plástico de embalagem rígido			
Plástico de embalagem contaminado			
Plástico acrílico			
Plástico de Persianas e esquadrias			
Mangueiras			
Resíduos para desmantelar			
Cartão/Papel			
Metais			
Vidro			
Materiais elétricos			

Legenda: Assinale com um X:
Residual – Frações muito pequeninas que não justificam a triagem
Pouco razoável - Frações pequenas mas que pode ou não justificar a triagem
Razoável - Frações mas que justifiquem a triagem

Esta página foi intencionalmente deixada em branco

Anexo VI - Indicadores utilizados para avaliação da análise económica dos equipamentos.

VAL (Valor Atual Líquido)

O VAL é a diferença entre os valores atualizados das entradas e saídas de dinheiro durante o período de vida útil do projeto.

$$VAL = \sum_{j=1}^n \frac{R_{lj}}{(1+i)^j} - I_t$$

Onde

R_{lj} – Receita líquida do ano j ;

n – Vida útil do projeto;

I_t – Investimento total actualizado para o ano 0;

i – Taxa de actualização;

R_j – Receita bruta do ano j ;

C_{ej} – Custos de exploração do ano j .

$$R_{lj} = R_j - C_{ej}$$

TIR (Taxa Interna de Rentabilidade)

A TIR é a taxa de actualização que anula o VAL:

$$\sum_{j=1}^n \frac{R_{lj}}{(1+TIR)^j} - I_t = 0$$

ROI (Retorno do Investimento)

O retorno do investimento é calculado por:

$$ROI = \frac{\sum_{j=1}^n \frac{R_{lj}}{(1+i)^j}}{I_t}$$

Sendo apresentado em anos.

“Payback”

O período de recuperação do capital investido é o período de tempo necessário até à recuperação do capital investido.

Isto acontece quando

$$\sum_{j=1}^P \frac{R_{tj}}{(1+i)^j} \geq I_t$$

onde

P é o período de recuperação do capital investido.

Cálculos simplificados

Os cálculos dos indicadores podem ser efetuados de uma forma simplificada:

$$VAL = R_L k_a - I_t$$

$$ROI = \frac{R_L k_a}{I_t}$$

$$R_L \left(\frac{1}{TIR} - \frac{1}{TIR(1+TIR)^n} \right) - I_t = 0$$

$$P = \frac{\ln\left(1/\left(\left(\frac{1}{i} - \frac{I_t}{R_L}\right) \cdot i\right)\right)}{\ln(1+i)}$$

onde

R_L é a receita líquida considerada constante durante o tempo de vida útil do projeto.

I_t é o investimento total actualizado ao ano 0.

k_a é o fator de anuidade que traduz a soma da série que define a atualização.

$$k_a = \sum_{j=1}^n \frac{1}{(1+i)^j} = \frac{1}{i} - \frac{1}{i(1+i)^n}$$

Anexo VII – Cálculos auxiliares comuns a cada proposta.

Para realizar a análise técnica/económica foi necessário calcular o número de horas que a ABResíduos está em funcionamento durante o ano de 2014, o preço do kWh da energia elétrica e o preço do m³ da água. Estes valores foram disponibilizados pela ABResíduos, para análise das propostas.

Na tabela 1 apresenta-se os cálculos relativos ao número de horas de trabalho num ano da empresa.

Tabela 1 – Cálculo do número de horas em funcionamento da empresa.

Cálculo do nº de horas em funcionamento da ABResíduos	
Nº de dias de trabalho no ano de 2014	253 dias
Nº de horas de trabalho por dia	7 h/dia
Nº de horas de trabalho num ano	1771 horas

No cálculo do número de horas em funcionamento da ABResíduos foi considerado o número de dias de trabalho no ano de 2014, retirando fins de semana e feriados que não se encontra em funcionamento. Portanto, retirando todos esses dias dá um total de 253 dias de trabalho. No número de horas de trabalho por dia, foi considerado o arranque das máquinas e as pausas dos funcionários ao longo do dia, então estimou-se 7h de trabalho num dia. Resultando assim em 1771 horas de trabalho num ano.

Os cálculos do preço da energia elétrica da empresa são apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Cálculo do preço do kWh de energia elétrica da empresa.

Cálculo do preço do kWh da energia elétrica na ABResíduos	
Consumo/Potência da energia elétrica da ABResíduos num mês	14405,07 kWh
Total do custo da fatura da energia elétrica num mês	1593,19 €
Preço do kWh da energia elétrica	0,11 €/kWh

No cálculo do preço do kWh da energia elétrica na ABResíduos foi analisada uma fatura que tinha um consumo de 14405 kWh, para um custo total de aproximadamente 1593 €/mês, resultando no preço médio do kWh de cerca de 0,11 €

De seguida é apresentado na tabela 3 os cálculos associados ao preço da água da empresa.

Tabela 3 – Cálculo do preço do m³ da água da empresa.

Cálculo do preço do m ³ da água na ABResíduos	
Consumo médio de água da ABResíduos em 2 meses	85 m ³
Total do custo da fatura da água nesses 2 meses	218,47 €
Preço do m ³ da água	2,570 €/m ³

No cálculo do preço do m³ da água na ABResíduos foi analisada uma fatura que tinha um consumo médio de 85 m³, para um custo total cerca de 218 €/mês, resultando assim no preço médio do m³ de cerca de 2,570 €

Anexo VIII – Cálculos auxiliares dos custos de operação para a proposta da triagem ótica dos resíduos.

No sentido de ser realizada uma análise técnica e económica foi efetuados cálculos auxiliares para calcular os consumos de energia elétrica dos equipamentos e os gastos com os operadores, tendo em conta os cálculos auxiliares do anexo VII.

Nos cálculos para o consumo de energia elétrica do alimentador vibratório são necessários dados para se obter o consumo total do equipamento discriminado na tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo do consumo de energia elétrica do alimentador vibratório.

Cálculos do consumo de energia elétrica do alimentador vibratório	
Potência do equipamento	1,2 kW
Capacidade do equipamento	3 t/h
Nº de horas de trabalho num ano	1771,00 h
Consumo de energia elétrica	2125,20 kWh
Preço do kWh	0,11 €/kWh
Total do consumo de energia elétrica	235,05 €

A potência e a capacidade do equipamento foram disponibilizadas pela Sotecnisol (2014), podendo assim ser calculado o consumo de energia elétrica do alimentador vibratório.

Para o equipamento ótico foram efetuados cálculos com recurso a dados para se obter o consumo total de energia elétrica do equipamento apresentados na tabela 2.

Tabela 2 – Cálculo do consumo de energia elétrica do alimentador vibratório.

Cálculos do consumo de energia elétrica do equipamento ótico	
Potência do equipamento	8 kW
Capacidade do equipamento	3 t/h
Nº de horas de trabalho num ano	1771,00 h
Consumo de energia elétrica	14168,00 kWh
Preço do kWh	0,11 €/kWh
Total do consumo de energia elétrica	1566,97 €

A Sotecnisol (2014) facultou também os dados relativos à potência e capacidade do equipamento ótico, que permitiram realizar o cálculo do consumo total de energia elétrica.

Nos cálculos dos gastos com os operadores foi considerado o número de operadores, o vencimento, os encargos e a fração mensal dedicada aos equipamentos sendo apresentados os gastos totais por ano na tabela 3.

Tabela 3 – Cálculo dos gastos com os operadores por ano.

Cálculo dos gastos com os operadores por ano	
Nº de operadores	2
Vencimento base	500,00 €
Encargos com os operadores	160 %
Fração mensal dedicada ao equipamento	0,96 por operador
Total dos gastos com os operadores por ano	18400,00 €/ano

Anexo IX – Cálculos auxiliares dos custos de operação para a proposta 1 dos resíduos plásticos de LDPE sujos.

Na análise técnica e económica destes equipamentos foram elaborados cálculos auxiliares comuns (Anexo VII) e cálculos para ajudar nas avaliações de operação e manutenção destes. O consumo de energia eléctrica do moinho com o sistema de pré-lavagem é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo do consumo de energia eléctrica do moinho.

Cálculos do consumo de energia eléctrica do moinho	
Potência do equipamento	110 kW
Capacidade do equipamento	1,1 t/h
Nº de horas de trabalho num ano	1771,00 h
Consumo de energia eléctrica	194810 kWh
Preço do kWh	0,11 €/kWh
Total do consumo de energia eléctrica	21545,84 €

A potência e a capacidade do moinho foram facultadas segundo a Palbase (2015), que possibilitou o cálculo total do consumo de energia eléctrica associado a este equipamento para o número de horas de trabalho relativos à empresa.

Os cálculos associados ao consumo de água necessários para o sistema de pré-lavagem do moinho apresentam-se na Tabela 2.

Tabela2 – Cálculo do consumo de água do equipamento.

Cálculos do consumo de água	
Caudal de água	0,28 L/s
Nº de horas de trabalho num ano	1771,00 h
Caudal de água	1 m ³ /h
Volume de água	1771,00 m ³
Preço do m ³ de água	2,570 €/m ³
Total do consumo de água	4551,89 €

Nestes cálculos do consumo de água não foi facultado o caudal necessário para este equipamento, então foi assumido 1 m³/h por cada 1,1 t, sendo uma valor exagerado mas que foi considerado para ter um valor total do consumo gasto de água por excesso.

Para a centrifugadora foram efetuados operações relativas ao consumo da energia eléctrica que se revelam na Tabela 3.

Tabela3 – Cálculo do consumo de energia elétrica da centrifugadora.

Cálculos do consumo de energia elétrica da centrifugadora	
Potência do equipamento	90 kW
Capacidade do equipamento	1,1 t/h
Nº de horas de trabalho num ano	1771,00 h
Consumo de energia elétrica	159390,00 kWh
Preço do kWh	0,11 €/kWh
Total do consumo de energia elétrica	17628,42 €

Os dados relativos à centrifugadora foram disponibilizados pela Palbase (2015), pelo que a partir da potência e capacidade do equipamento efetuou-se o cálculo do consumo de energia elétrica.

Os gastos com os operadores por ano associados à aplicação desta proposta, Tabela 4, incluem o número de operadores, o vencimento base, os encargos e a fração mensal dedicada aos equipamentos.

Tabela 4 – Cálculo dos gastos com os operadores por ano.

Cálculo dos gastos com os operadores	
Nº de operadores	3
Vencimento base	500,00 €
Encargos com os operadores	160 %
Fração mensal dedicada ao equipamento	0,96 por operador
Total dos gastos com os operadores por ano	27600,00 €/ano

Anexo X – Cálculos auxiliares dos custos de operação para a proposta 2 dos resíduos plásticos de LDPE sujos.

Para ajudar à análise técnica e económica desta proposta foram realizados cálculos auxiliares comuns (Anexo VII) e cálculos dos consumos de energia associados aos equipamentos, consumos de água e gastos com os operadores.

A informação técnica relativa à potência e capacidade do tanque, lavadora e secadora foi consultada segundo a KIE Máquinas (2013).

Nesta proposta, foram efetuados cálculos para o consumo de energia elétrica do tanque de decantação, que se apresentam na Tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo do consumo de energia do tanque de decantação.

Cálculos do consumo de energia elétrica do tanque de decantação	
Potência do equipamento	1,5 kW
Capacidade do equipamento	1,5 t/h
Nº de horas de trabalho num ano	1771,00 h
Consumo de energia elétrica	2656,50 kWh
Preço do kWh	0,11 €/kWh
Total do consumo de energia elétrica	293,81 €

Para os cálculos do consumo de energia elétrica do equipamento de lavagem foram considerados os seguintes dados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Cálculo do consumo de energia da lavadora.

Cálculos do consumo de energia elétrica do equipamento de lavagem	
Potência do equipamento	11 kW
Capacidade do equipamento	1,5 t/h
Nº de horas de trabalho num ano	1771,00 h
Consumo de energia elétrica	20136,27 kWh
Preço do kWh	0,11 €/kWh
Total do consumo de energia elétrica	2227,06 €

Na Tabela 3, encontram-se os dados definidos para o cálculo do consumo de água para estes equipamentos.

Tabela 3 – Cálculo do consumo de água associado aos equipamentos.

Cálculos do consumo de água	
Volume de água	11,3 m ³
Nº de horas de trabalho num ano	1771,00 h
Caudal de água	2,50 L/kg
Volume de água total	6641,25 m ³ /ano
Preço do m ³ de água	2,570 €
Total do consumo de água	17069,58 €

Nos cálculos do consumo de água como não foi facultado o caudal de água destes equipamentos, recorreu-se à pesquisa de dados relativos a este sistema que segundo Bordonalli & Mendes (2009) considerou 2 a 3 L por kg de plástico, então como valor médio, foi considerado 2,5 L por kg de plástico.

Na secagem de plástico o equipamento consome energia para o seu funcionamento, tendo sido efetuados os cálculos associados ao seu consumo de energia elétrica, Tabela 4.

Tabela 4 – Cálculo do consumo de energia do secador.

Cálculos do consumo de energia elétrica do equipamento de secagem	
Potência do equipamento	11,37 kW
Capacidade do equipamento	1,5 t/h
Nº de horas de trabalho num ano	1771,00 h
Consumo de energia elétrica	19481,00 kWh
Preço do kWh	0,11 €/kWh
Total do consumo de energia elétrica	2154,58 €

Nesta proposta são necessários 3 operadores para laboração, sendo que os cálculos dos custos associados a estes funcionários são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Cálculo dos gastos com os operadores por ano.

Cálculo dos gastos com os operadores por ano	
Nº de operadores	3
Vencimento base	500,00 €
Encargos com os operadores	160 %
Fração mensal dedicada ao equipamento	0,958 por operador
Total dos gastos com os operadores por ano	27600,00 €/ano