



**Celso Cristino
da Silva**

**Avaliação de sistemas de gestão de resíduos: Caso
de estudo**



**Celso Cristino
da Silva**

**Avaliação de sistemas de gestão de resíduos: Caso
de estudo**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia do Ambiente, realizada sob a orientação científica do Doutor Manuel Arlindo Amador de Matos, Professor Auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro.

"Nenhum problema pode ser resolvido pelo mesmo estado de consciência que o criou"

Albert Einstein

o júri

Presidente

Professor Doutor Luís António da Cruz Tarelho
professor auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro

Professor Doutor Paulo Jorge Trigo Ribeiro
professor auxiliar convidado da Faculdade de Engenharia da Universidade Católica Portuguesa

Professor Doutor Manuel Arlindo Amador de Matos
professor auxiliar do Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro
(Orientador)

Agradecimentos

Ao meu orientador Prof. Arlindo Matos expesso o meu agradecimento pelos valorosos ensinamentos transmitidos no decorrer do trabalho.

Para o meu irmão Nelson Silva não existem palavras, pelo menos em Português para expressar o quanto agradeço o seu apoio neste trabalho e numa etapa particularmente difícil que atravessei. A transmissão dos seus conhecimentos práticos foram de um valor incalculável, sem os quais seria mais difícil a realização deste trabalho.

Aos meus amigos, em geral, agradeço a compreensão demonstrada das minhas ausências.

Um agradecimento muito especial aos meus pais, por sempre se preocuparem com o meu bem estar e por me terem ajudado a enfrentar a difícil etapa que atravessei.

palavras-chave

Desenvolvimento sustentável, análise ciclo de vida, pegada de carbono, resíduos urbanos, estação de triagem, recolha selectiva, reciclagem, Small is beautiful

Resumo

Com o aumento da produção de resíduos urbanos em Portugal e nos restantes Estados-Membros, nos últimos anos, a União Europeia impõe legislação para alcançar novos objectivos e metas de gestão de resíduos tendo em conta o fecho do ciclo de materiais.

A Estratégia Temática de Prevenção de Resíduos e Reciclagem prevê a introdução do conceito ciclo de vida na política de resíduos, e a fim de alcançar esse objectivo, este trabalho incide na análise de dois modelos de gestão de resíduos da recolha selectiva multimaterial para os municípios de Ílhavo e Arouca.

O primeiro modelo de gestão corresponde à situação actual e é designado de sistema centralizado, através do qual os resíduos diferenciados são recolhidos nos ecopontos e enviados para a estação de triagem centralizada, localizada no Aterro de Aveiro, para separação e compactação. O segundo modelo foi baseado no conceito de Schumacher (Small is beautiful), através da implementação das unidades de triagem a nível municipal, e é caracterizado por sistema descentralizado.

A pegada de carbono foi utilizada como indicador de impacto ambiental e o seu cálculo foi possível através do uso da base de dados Ecoinvent e da ferramenta Excel.

Deste estudo resultou a comparação entre os modelos e dados relativos à pegada de carbono para os diferentes casos de estudo. Foi possível observar, para os dois municípios, que a maior contribuição para a pegada de carbono advém da eliminação do refugo em aterro quer no modelo centralizado quer no modelo descentralizado. Como resultado, a nível global, foi possível concluir que os municípios de Ílhavo e Arouca são favorecidos pelo modelo descentralizado.

Keywords

Sustainable development, life cycle assessment, carbon footprint, recyclable waste, material recovery facility, municipal recyclable collection, recycling, Small is beautiful

Abstract

With increasing production of municipal waste in Portugal and other Member States in recent years the European Union imposes legislation to achieve new goals and targets for the waste management taking into account the material cycle.

The Thematic Strategy provided for Waste Prevention and Recycling introduces life-cycle based thinking into the waste policy. In order to achieve this objective, this work focuses on the analysis of two models of waste management and their possible use in dealing with multimaterial waste collection in the Ílhavo and Arouca municipalities.

The first model of waste management corresponds to the current situation and is aimed at a centralized system through which the waste is collected in different municipal recyclable waste bins and sent for separation and compression to the centralized material recovery facility located at the Taboeira Landfill. The second model was based on the Schumacher's concept (Small Is Beautiful), by implementing sorting units at municipal level and is characterized as being a decentralized system.

The carbon footprint was used as an indicator of environmental impact and its calculation was possible through the use of Ecoinvent database and Excel tool.

Our work shows the comparison between models and data relating to the carbon footprint analyzed in the different case studies. It was observed for both municipalities, the largest contribution for the carbon footprint comes from waste disposal to sanitary landfill in centralized and decentralized models. Overall, it was concluded that Ílhavo and Arouca municipalities are favored by decentralized model.

Schlüsselwörter

Nachhaltige Entwicklung, Ökobilanz, CO₂-Bilanz, Recycling-Wirtschaft, Materialrückgewinnung, Hausmüll, Recycling, Small is beautiful

Zusammenfassung

Auf Grund der in den letzten Jahren zunehmenden Abfallproduktion in Portugal und anderen Mitgliedsstaaten, hat die Europäische Union Rechtsvorschriften verhängt, um neue Ziele und Vorgaben zur Optimierung der Abfallwirtschaft durchzusetzen.

Die Thematische Strategie zur Abfallprävention führt in ein politisches Denken ein, dass auf Kreislaufwirtschaft in der Abfallwirtschaft basiert. Im Hinblick auf diese Vorgaben konzentriert sich die vorliegende Arbeit auf die Analyse zweier Modelle der Abfallwirtschaft und deren Einsatzmöglichkeit beim Umgang mit multimateriellem Abfall in den Gemeinden von Ílhavo und Arouca. Das erste Modell der Abfallwirtschaft entspricht dem aktuellen Vorgehen bei der Abfallbeseitigung und ist ein zentralisiertes System: Die Abfälle werden hierbei in verschiedenen kommunalen Behältern für recyclebaren Abfall gesammelt und zur Trennung und Kompression in die zentrale Verwertungsanlage der Deponie von Taboeira gebracht. Das zweite Modell basiert auf dem Konzept nach Schumacher (Small is beautiful). Dieses Modell kann auf Grund der Bereitstellung von Sortierdiensten auf kommunaler Ebene als dezentrales System charakterisiert werden.

Die CO₂-Bilanz wurde als Indikator für Umweltbelastung verwandt. Deren Berechnung wurde mit Hilfe einer Ecoinvent-Datenbank und eines Excel-Tools ermöglicht.

Unsere Arbeit zeigt den Vergleich zwischen Modellen und Daten über die CO₂-Bilanz, die in unterschiedlichen Fallstudien untersucht wurden. Es konnte bei beiden Gemeinden festgestellt werden, dass der größte Anteil der CO₂-Bilanz auf Abfallbeseitigung zu Mülldeponie zurückzuführen war. Insgesamt kann festgehalten werden, dass für die Gemeinde Ílhavo und Arouca das dezentrale Modell von Vorteil ist.

Índice

Índice	i
Índice de Figuras	v
Índice de Tabelas	vii
Lista de Abreviaturas.....	ix
Nomenclatura	xi
1 Introdução.....	1
1.1 Sustentabilidade e Economia	1
1.2 Reciclagem versus Crise económica.....	2
1.3 Plano Estratégico de RU.....	4
1.4 Estratégias para a optimização dos sistemas de gestão de RU	7
1.4.1 Estratégia de Lisboa	7
1.4.2 Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável.....	8
1.4.3 Relação entre a ENDS e Estratégia de Lisboa	9
1.4.4 Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos	10
1.5 Caracterização da situação actual.....	11
1.6 Novos paradigmas de Gestão - Small is Beautiful	14
1.6.1 Importância e Actualidade do Pensamento de Schumacher	14
1.6.2 Aplicação do pensamento Schumacher na gestão dos RSU	15
1.7 Objectivos do presente trabalho	16
2 Gestão de RSU nos municípios de Ílhavo e Arouca	19
2.1 Sistema Multimunicipal do Litoral Centro	19
2.2 Infra-estruturas e Equipamentos existentes	20
2.2.1 Produção de Resíduos	22
2.3 Caracterização dos casos de estudo.....	22
2.3.1 Município de Ílhavo.....	23
2.3.2 Município de Arouca	23
3 Resíduos da recolha selectiva multimaterial	25
3.1 Caracterização dos fluxos.....	25
3.1.1 Vidro	25
3.1.2 Papel e derivados.....	26
3.1.3 Plásticos	27
3.2 Síntese de alocação e recolha.....	28
3.3 Tratamento físico – mecânico.....	29
3.3.1 Estação de Triagem.....	30
3.3.2 Processo de Triagem.....	31

3.3.3	Equipamentos	33
3.3.4	Características dos materiais triados.....	34
3.4	Transporte	34
3.4.1	Serviço de recolha	34
3.4.2	Transporte para as recicladoras	35
3.5	Eliminação.....	36
4	Análise Ciclo de Vida (ACV).....	37
4.1	Benefícios de um estudo ACV	38
4.2	Limitações de um estudo ACV.....	39
4.3	Pegada de Carbono	39
4.3.1	Interesse da metodologia	40
4.3.2	Normas para a quantificação da Pegada de Carbono	40
4.3.3	Descrição do procedimento de inventário de GHG	41
4.3.4	Definição dos objectivos do estudo	41
4.3.5	Definição da unidade funcional.....	43
4.3.6	Definição do produto.....	43
4.3.7	Definição das fronteiras do estudo	43
4.3.8	Cálculo da pegada de Carbono	43
4.3.9	Dados de inventário	45
4.3.10	Bases de dados (process raw data files).....	47
4.3.11	Inventário (LCI)	47
4.3.12	Descrição geral do processo global	47
5	Cenário 1 – Gestão actual de RSM para o município de Ílhavo e Arouca	49
5.1	Processo Global.....	49
5.2	Serviços de recolha e transporte	49
5.3	Sistemas de separação incorporados na ET	52
5.4	Modelo de gestão de RSM para sistema centralizado	56
5.4.1	Operações de recolha dos RSM.....	57
5.4.2	Processos de separação na ET e transporte para as recicladoras.....	58
5.4.3	Disposição do refugo em aterro controlado.....	61
6	Cenário 2 – Small is Beautiful.....	63
6.1	Processo global.....	63
6.2	Esforço de recolha e transporte às recicladoras.....	63
6.3	Sistemas de separação incorporados na ET	64
6.4	Modelo de gestão de RSM para sistema descentralizado	69
6.4.1	Operações de recolha dos RSM.....	70
6.4.2	Processos de separação na ET e transporte para as recicladoras.....	71
6.4.3	Disposição do refugo em aterro controlado.....	73
7	Análise de resultados	75

7.1	Pegada de Carbono.....	75
7.2	Análise de incidência ambiental.....	78
7.2.1	Serviço de Recolha.....	78
7.2.2	Operações de separação e transporte para as recicladoras	79
7.2.3	Eliminação do refugo em aterro controlado	81
7.2.4	Serviços de transporte.....	82
8	Conclusões e recomendações	84
8.1	Conclusões	84
8.2	Limitações	86
8.3	Recomendações	87
	Referências bibliográficas	88
	Anexo A – Principais categorias de impacte na ACV	93
	Anexo B – Especificações gerais dos processos Ecoinvent v2.1	94
	Anexo C – Retomadores - Pré Qualificados	98
	Anexo D – Dados de inventário para o cenário 1	101
	Anexo E – Dados de inventário para o cenário 2.....	105
	Anexo F – Entidades recicladoras admitidas para o estudo.....	109
	Anexo G – Especificações técnicas dos modelos P270 e P310.....	110

Índice de Figuras

Figura 1-1 Sistemas de gestão de resíduos (multimunicipais e intermunicipais) em Portugal Continental (Fonte: www.apambiente.pt).....	12
Figura 1-2 Produção de RSU na UE27 (kg per capita), em 2006 (Fonte: Eurostats, 2009).	13
Figura 1-3 Destino Final de RSU em Portugal Continental, entre 1999 e 2005 (Fonte: PERSUII, 2007).	14
Figura 2-1 Área de actuação geográfica da ERSUC (Fonte: www.ersuc.pt).....	20
Figura 2-2 Sistema Multimunicipal do Litoral Centro (Fonte: www.ersuc.pt).....	21
Figura 2-3 Evolução e crescimento da recolha selectiva para as fileiras de vidro, papel/cartão e embalagens, em 2008 (Fonte: www.ersuc.pt).	22
Figura 2-4 Mapas de localização do município de Ílhavo e respectivas freguesias.	23
Figura 2-5 Mapas de localização do município de Arouca e respectivas freguesias.	24
Figura 3-1 Contentor roll-off para estabelecimentos comerciais.	29
Figura 3-2 Contentores drop-off.....	29
Figura 3-3 Fluxograma do processo operativo (Fonte: Adaptado de Dubanowitz, 2000).	31
Figura 3-4 Sequência da operação de carregamento do contentor, contendo refugo, para deposição em Aterro.	32
Figura 3-5 Enfardadora/compactadora dos materiais triados.....	32
Figura 3-6 Veículo de recolha de resíduos, com sistema Hook-lift.....	35
Figura 3-7 Veículo de caixa fechada para transporte de fardos de resíduos.	36
Figura 4-1 Estágios do ciclo de vida do produto (Fonte: Ferreira, 2004).	37
Figura 4-2 Etapas do mapa processual destinadas ao consumidor (Fonte: PAS 2050, 2008).	42
Figura 4-3 Etapas do mapa processual destinadas à área das empresas (Fonte: PAS 2050, 2008).	42
Figura 4-4 Recursos e emissões relativas ao inventário de ciclo de vida. (Fonte: PAS 2050, 2008)	45
Figura 4-5 Conjunto de processos admitidos na gestão de RSM no presente trabalho.	48
Figura 5-1 Resumo do diagrama e balanço mássico do sistema (ton.dia ⁻¹), na ET.....	54
Figura 5-2 Diagrama e balanço mássico da fileira das embalagens (ton.dia ⁻¹), na ET.	54
Figura 5-3 Diagrama e balanço mássico da fileira do papel/cartão (ton.dia ⁻¹), na ET.....	55
Figura 6-1 Resumo do diagrama e balanço mássico do sistema (ton.dia ⁻¹), na ET de Ílhavo.	66
Figura 6-2 Resumo do diagrama e balanço mássico do sistema (ton.dia ⁻¹), na ET de Arouca.	67
Figura 6-3 Diagrama e balanço mássico da fileira das embalagens (ton.dia ⁻¹), na ET de Ílhavo. ..	67
Figura 6-4 Diagrama e balanço mássico da fileira das embalagens (ton.dia ⁻¹), na ET de Arouca..	68
Figura 6-5 Diagrama e balanço mássico da fileira do papel/cartão (ton.dia ⁻¹), na ET de Ílhavo.	68
Figura 6-6 Diagrama e balanço mássico da fileira do papel/cartão (ton.dia ⁻¹), na ET de Arouca. ..	68

Figura 7-1 Pegada de Carbono das diferentes fases do processo de gestão dos RSM para o município de Ílhavo.....	75
Figura 7-2 Pegada de Carbono das diferentes fases do processo de gestão dos RSM para o município de Arouca.....	76
Figura 7-3 Pegada de carbono para a gestão de resíduos da recolha selectiva multimaterial nos municípios de Ílhavo e Arouca para os modelos centralizado e descentralizado.	77
Figura 7-4 Serviço de recolha de RSM para o modelo de gestão centralizado.....	78
Figura 7-5 Serviço de recolha de RSM para o modelo de gestão descentralizado.....	79
Figura 7-6 Pegada de carbono para a fase de operações de separação e transporte para a Estação de Triagem, localizada no aterro de Aveiro.	80
Figura 7-7 Pegada de carbono para a fase de operações de separação e transporte para a Estação de Triagem em Ílhavo.....	81
Figura 7-8 Pegada de carbono para a fase de operação de separação e transporte para a Estação de Triagem em Arouca.	81
Figura 7-9 Pegada de carbono para a fase de eliminação de refugo em aterro, no modelo descentralizado, para o município de Ílhavo.	82
Figura 7-10 Pegada de carbono para a fase de eliminação de refugo em aterro, no modelo descentralizado, para o município de Arouca.	82
Figura 7-10 Pegada de carbono para os serviços de transporte e processos para os modelos centralizado e descentralizado nos diferentes municípios.....	83

Índice de Tabelas

Tabela 1-1 Metas de gestão de RU em Portugal (Fonte: Adaptado de PERSU II, 2007, e APA, 2010).	7
Tabela 1-2 Produção e Capitação de RU por Região, em 2006 (Fonte: APA, 2008).	13
Tabela 3-1 Lotes mínimos para o pedido de retoma à SPV (Fonte: SPV, 2004).	33
Tabela 5-1 Especificações técnicas admitidas pela Directa nº96/53/CE, para as classes de veículos que figuram a base de dados do Ecoinvent. (Fonte: Adaptado de Spielman, 2007).	50
Tabela 5-2 Especificações técnicas dos modelos P270 e P310 da Scania (Fonte:www.scania.pt)	50
Tabela 5-3 Densidade dos resíduos nos ecopontos, em Portugal (Fonte: Adaptado de Martinho, 2002).	51
Tabela 5-4 Densidade dos fardos de resíduos (Fonte: Adaptado de Tchobanoglous, 1993).	51
Tabela 5-5 Quantidade de resíduos da recolha selectiva enviados para triagem na ET, localizada em Aveiro, em 2008 (Fonte: www.ersuc.pt).....	52
Tabela 5-6 Quantidade de resíduos triados na ET de Aveiro, enviados para reciclagem (indústria recicladora), pela SPV, em 2008 (Fonte: www.spvnet.net).	52
Tabela 5-7 Eficiência de separação dos resíduos recicláveis na ET de Aveiro, em 2008.	53
Tabela 5-8 Características dos equipamentos do sistema de TFM.....	55
Tabela 5-9 Descrição geral e fronteira do processo global (21000).....	56
Tabela 5-10 Caracterização do processo global e pegada de carbono	57
Tabela 5-11 Distância média percorrida para recolha do vidro, papel/cartão e embalagens, nos municípios de Ílhavo e Arouca, em 2008 (Fonte: www.ersuc.pt).....	58
Tabela 5-12 Descrição do processo de recolha dos RSM (21100)	58
Tabela 5-13 Caracterização do processo 21100 e pegada de carbono	58
Tabela 5-14 Distância média percorrida para entrega dos fardos de resíduos às entidades licenciadas para reciclagem, em 2008.....	60
Tabela 5-15 Descrição do processo relativo às operações de separação dos RSM na ET e transporte às entidades recicladoras.	60
Tabela 5-16 Caracterização do processo 21200 e pegada de carbono	60
Tabela 5-17 Descrição do processo de eliminação do refugo para aterro (21300).....	61
Tabela 5-18 Caracterização do processo 21300 e pegada de carbono	61
Tabela 6-1 Eficiência de reciclagem dos RSM na ERSUC, em 2008 e pelo modelo proposto.....	64
Tabela 6-2 Quantidade de resíduos recolhidos pela ERSUC para o município de Ílhavo, em 2008 e pelo modelo proposto (Fonte: www.ersuc.pt).	65
Tabela 6-3 Quantidade de resíduos recolhidos pela ERSUC para o município de Arouca, em 2008 e pelo modelo proposto (Fonte: www.ersuc.pt).	65
Tabela 6-4 Eficiência de separação na ET de Aveiro (modelo centralizado), em 2008 e nas ET's propostas pelo modelo descentralizado para os municípios de Ílhavo e Arouca.	66
Tabela 6-5 Características dos equipamentos que integram a linha de Triagem	69

Tabela 6-6 Descrição geral e fronteira do processo global (22000)	69
Tabela 6-7 Caracterização do processo global e pegada de carbono	70
Tabela 6-8 Distância média percorrida por percurso para recolha dos RSM, nos municípios de Ílhavo e Arouca, em 2008, para modelo centralizado (Fonte: Adaptado de www.ersuc.pt)....	70
Tabela 6-9 Descrição do processo das operações de recolha dos RSM (22100).....	71
Tabela 6-10 Caracterização do processo 22100 e pegada de carbono	71
Tabela 6-11 Distância média percorrida para entrega dos fardos de resíduos às entidades licenciadas para reciclagem, a partir de Ílhavo e Arouca (Fonte: ViaMichelin).	72
Tabela 6-12 Descrição do processo relativo às operações de separação dos RSM na ET e transporte para a indústria recicladora	72
Tabela 6-13 Caracterização do processo 22200 e pegada de carbono	72
Tabela 6-14 Descrição do processo de eliminação dos materiais residuais para aterro controlado (22300)	73
Tabela 6-15 Caracterização do processo 22300 e pegada de carbono	73
Tabela 8-1 Pegada de carbono para os modelos de gestão centralizado e descentralizado nos municípios de Ílhavo e Arouca	85
Tabela 8-2 Pegada de carbono relativa à quantidade total de resíduos diferenciados produzidos nos municípios de Ílhavo e Arouca, para os diferentes modelos, no ano 2008.....	85

Lista de Abreviaturas

ACV	- Análise Ciclo de Vida
ENDS	- Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável
ET	- Estação de Triagem
UE	- União Europeia
FMI	- Fundo Monetário Internacional
GHG	- Greenhouse Gas
GWP	- Global Warming Potential
IPCC	- Intergovernmental Panel on Climate Change
LCI	- Life Cycle Inventory
LCIA	- Life Cycle Impact Assessment
OCDE	- Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
PERSU	- Plano Estratégico dos Resíduos Sólidos Urbanos
PIRSUE	- Plano de Intervenção para Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados
QREN	- Quadro de Referência Estratégico Nacional
RU	- Resíduos Urbanos
RSM	- Resíduos da recolha selectiva multimaterial
RSU	- Resíduos Sólidos Urbanos
SPV	- Sociedade Ponto Verde
TFM	- Tratamento Físico-Mecânico

Nomenclatura

ω_{iM}	- Fração mássica dos resíduos i recolhidos em relação à mistura multimaterial recolhida selectivamente	$[\text{ton } i_{\text{recolhido}} \cdot \text{ton RSM}^{-1}]$
ω_{iF}	- Fração mássica dos resíduos i compactados em relação à mistura multimaterial recolhida selectivamente	$[\text{ton } i_{\text{compactado}} \cdot \text{ton RSM}^{-1}]$
ω_{iRM}	- Fração mássica do refugo i em relação à mistura multimaterial recolhida selectivamente	$[\text{ton } i_{\text{recolhido}} \cdot \text{ton RSM}^{-1}]$
ρ_{iR}	- Massa volúmica dos resíduos i na recolha	$[\text{ton } i_{\text{recolhido}} \cdot \text{m}^{-3}]$
ρ_{iF}	- Massa volúmica dos resíduos i após compactação	$[\text{ton } i_{\text{compactado}} \cdot \text{m}^{-3}]$
CE_{ET}	- Consumo energético específico da Estação de Triagem	$[\text{kWh} \cdot \text{ton RSM}^{-1}]$
CE_{EPI}	- Consumo energético do equipamento i	$[\text{kWh} \cdot \text{ton RSM}^{-1}]$
C_v	- Capacidade de carga volumétrica do veículo	$[\text{m}^3 \cdot \text{v}^{-1}]$
C_t	- Capacidade de carga mássica do veículo	$[\text{ton} \cdot \text{v}^{-1}]$
C_d	- Consumo de diesel horário do veículo	$[\text{l}_{\text{diesel}} \cdot \text{h}^{-1}]$
d	- Distância percorrida num percurso	$[\text{km}]$
d_c	- Distância percorrida num percurso, correspondente ao circuito de recolha	$[\text{km}]$
d_{ET}	- Distância percorrida por um veículo de recolha até à Estação de Triagem	$[\text{km}]$
d_R	- Distância percorrida para recolha dos resíduos nos ecopontos	$[\text{km}]$
d_T	- Distância percorrida para transporte dos resíduos compactados até à entrada das unidades recicladoras	$[\text{km}]$
E_q	- Equivalent consumo quilométrico	$[\text{km} \cdot \text{l}_{\text{diesel}}^{-1}]$
F_a	- Factor de ocupação do veículo	$[-]$
H_t	- Horas de laboração por dia	$[\text{h} \cdot \text{dia}^{-1}]$
P_e	- Potência eléctrica	$[\text{kW}]$
Q_p	- Quantidade de resíduos processados por dia na Estação de Triagem	$[\text{ton RSM} \cdot \text{d}^{-1}]$
S_m	- Caudal mássico de resíduos da recolha multimaterial	$[\text{ton RSM} \cdot \text{h}^{-1}]$
d_R	- Serviço de recolha dos RSM até à Estação de Triagem	$[\text{vkm} \cdot \text{ton RSM}^{-1}]$
d_T	- Serviço de transporte dos RSM até às unidades recicladoras	$[\text{vkm} \cdot \text{ton RSM}^{-1}]$
d_E	- Serviço de empilhador na Estação de Triagem	$[\text{vkm} \cdot \text{ton RSM}^{-1}]$
Q_d	- Consumo de diesel aos 100km	$[\text{l}_{\text{diesel}} \cdot 100\text{km}^{-1}]$
η_i	- Eficiência de separação dos resíduos i na Estação de Triagem	$[-]$
η_R	- Eficiência de reciclagem	$[\%]$
PC	- Pegada de Carbono	$[\text{kg CO}_{2\text{eq}} \cdot \text{ton RSM}^{-1}]$
P_k	- Pegada de carbono de cada componente processual k	$[\text{kg CO}_{2\text{eq}} \cdot \text{ton RSM}^{-1}]$

1 INTRODUÇÃO

1.1 SUSTENTABILIDADE E ECONOMIA

Sem a conciliação dos factores, ambiente, economia e sociedade, não existirá a possibilidade de se atingir um crescimento sustentado. Como consequência, a evolução normal destes factores será, sempre, tendencialmente conflitual. Como exemplo, recordemos que a economia da EU tem vindo a sofrer, nos últimos anos, devido a causas externas mas também internas, toda uma série de pressões, que se traduzem, no momento actual, pela existência de uma situação tendencialmente regressiva, tendo assim implicado o desequilíbrio dos outros factores ambiental e social. Começou a falar-se em recuperação e o FMI e a OCDE admitiram, numa revisão em alta, um valor de 2% para o crescimento económico, para 2009 (Lusa, 2009). O desemprego, seguindo a tendência actual mundial, tem vindo a crescer ano após ano, até atingir cerca de 20 milhões de desempregados na EU, face aos 120 milhões de desempregados em todo o mundo, nesse mesmo ano (Lusa, 2009). Actualmente essa tendência tende a inverter-se, nalguns países e regiões, mas sem atingir níveis de segurança e/ou de estabilidade que a todos satisfaçam.

A evolução dos outros membros da tríade dominante da economia mundial, o Japão e os EUA para além da EU, apresenta-se tendencialmente estagnada, com desequilíbrios internos de efeitos imprevisíveis e problemas estruturais (Oliveira, 2009). Tudo isso debilita a posição da EU face ao emprego, à penetração nos mercados importadores exteriores, ao desenvolvimento da I&D e à produção e lançamento de novos produtos, propiciadores futuros de um aumento no desenvolvimento sustentável. A variação dos preços do petróleo e a valorização do euro face ao dólar não favorecem a confiança nem dos investidores, nem dos consumidores (Oliveira, 2009).

É um panorama marcado por uma economia em riscos de recessão, ou evoluindo por uma fase de crescimento mitigado e não harmónico, levantando o problema que hoje nos é apresentado: qual o sentido e a dimensão do investimento possível (e desejado), que será possível fazer no que respeita aos sistemas de tratamento de resíduos e/ou de tecnologias menos poluentes? E qual a orientação estratégica adequada que poderá ser tomada pelos governos e investidores privados, hoje em situação expectante? Apesar de se verificarem situações diferentes em cada um dos Estados-Membros, é hoje em dia reconhecido que a redução dos postos de trabalho, verificado na EU após o primeiro

choque petrolífero, se deveu, em larga escala, à adopção de medidas macroeconómicas deficientes (Oliveira, 2009). Este facto, juntamente com a ocorrência de factores estruturais e externos desequilibrados, não facilitou o ajustamento das novas estruturas industriais às oportunidades criadas a nível mundial e comunitário.

No que respeita à repartição do rendimento e às políticas fiscais, verifica-se o enfraquecimento do tecido económico e produtivo, com maior incidência em regiões enfraquecidas e pouco competitivas, tal como sucede em parte do território português e em algumas das outras zonas mais pobres da EU.

A igualdade de oportunidades entre todas as regiões da Comunidade torna-se cada vez mais um mito e um objectivo cuja possibilidade de realização num futuro próximo se torna cada vez mais ilusória (Oliveira, 2009).

Contudo, a correcção de algumas medidas e políticas orçamentais e o controlo da inflação, conseguido nalguns Estados-Membros, podem criar esperanças de crescimento. Importa, por isso, gerir, com a máxima eficiência possível, todos os recursos disponíveis, optimizando a sua utilização, minimizando as perdas de materiais e de energia, procurando garantir a qualidade dos produtos finais, da qualidade de vida e do ambiente, bem como atingindo um nível sanitário e cultural, satisfatório para toda a população.

1.2 RECICLAGEM VERSUS CRISE ECONÓMICA

Como foi referido anteriormente, em todo o mundo, os mercados estão a enfrentar graves problemas com a recessão económica que, por sua vez, também tem resultado em uma menor procura de matérias-primas secundárias (REMONDIS AG, 2010). Em toda a parte, menos materiais reciclados estão sendo adquiridos. Esta redução na procura de materiais reciclados está a ter um efeito sobre os preços, neste caso, a diminuir o seu preço no mercado. Este efeito está também intrinsecamente ligado ao mercado português, como exemplo, no ano precedente, a Sociedade Ponto Verde anunciou o abandono em Outubro da retoma e envio para a reciclagem dos plásticos mistos, considerando essa medida “indispensável” para evitar a falência (DN, 2009). Actualmente a maior questão debatida é: “Estará a crise financeira a levar a uma crise na reciclagem?”

O quadro global é dominado por cortes na produção e queda acentuada no volume de negócios, ambiente esse que está tendo um efeito negativo sobre o ramo de reciclagem. Em Novembro de 2009, na Alemanha, o preço pago por uma tonelada de resíduos de papel misto foi de pouco menos de 5 euros, em contraste com a situação vivida apenas

alguns meses antes, no qual o valor de papel era cerca de 100 euros (REMONDIS AG, 2010). Flutuações no sector da reciclagem dependem de um grande número de factores de influência. Um destes factores diz respeito à evolução dos preços das matérias-primas, especialmente com os plásticos que estão intimamente ligados aos preços do petróleo bruto.

Aqueles que esperavam ter um lucro rápido, obtendo uma fatia do “recycling cake”, podem agora encontrar-se com nada. Isso não muda o facto, no entanto, de que o sector da reciclagem deve continuar a ser desenvolvido, independentemente das oscilações da economia. Contudo, a reciclagem não é uma tarefa a curto prazo, mas uma missão a longo prazo (Oliveira, 2009). É de referir que o que é importante não é apenas os aspectos económicos, mas, mais importante, os aspectos ligados à sustentabilidade e responsabilidade para o futuro.

Materiais reciclados devem continuar a ser fornecidos como substituto para os nossos recursos naturais. A longo prazo, os problemas que o mundo está enfrentando com o dióxido de carbono também podem ser resolvidos com a ajuda do sector da reciclagem, diminuindo o uso de matérias-primas como fonte de combustível, isto é, a dependência de importações de petróleo e gás, reduzindo assim as emissões de gases com efeito de estufa. No sector do papel, por exemplo, o uso de matérias-secundárias significou a redução das exigências energéticas em cerca de 50 por cento (REMONDIS AG, 2010).

Não é possível prever quando irá outra vez aumentar/melhorar o mercado de recicláveis, apesar disso, foi anunciado pela EUWID, uma empresa que fornece informações sobre o sector da reciclagem, que os preços dos filmes plásticos de polietileno (PE film) aumentaram no início do ano (Sherman, 2010), que na sua maioria, podem ser explicados pelo aumento de procura pela China, líder mundial na produção destes (Reynolds, 2005). Países emergentes estão cada vez mais a adquirir maiores quantidades de resíduos, o que poderá levar a uma ligeira subida/impulso no sector da reciclagem.

No futuro o mercado de resíduos português tem oportunidade de melhorar consideravelmente com a introdução de uma bolsa de resíduos (SPV, 2010). Recentemente foram apresentadas sete propostas, no âmbito da criação da bolsa de resíduos, que estão neste momento em análise e espera-se que em breve este local de encontro entre produtores de resíduos e indústrias consumidoras destes subprodutos esteja operacional. O Mercado Organizado de Resíduos (MOR) visa promover e facilitar as trocas comerciais de resíduos. Poderão ser transaccionadas todas as categorias de

resíduos desde que não sejam perigosos e vai funcionar em plataforma electrónica, meio através do qual se processam as consultas de mercado, as indicações de interesse, as transacções e a regulação. As empresas/organizações que se candidataram à gestão da bolsa de resíduos foram: Braval, Clever, Universidade do Minho/Centro de Valorização de Resíduos, Sociedade Ponto Verde, BCSD Portugal – Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável, Gesmore e um consórcio liderado pela Associação Empresarial de Portugal (SPV, 2010).

1.3 PLANO ESTRATÉGICO DE RU

É de recordar que, no domínio dos RSU, foi possível dispor, de um trabalho intitulado Plano Estratégico Sectorial de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU). Esse documento definiu uma estratégia e metas, no âmbito de uma gestão integrada dos RSU. A sua primeira versão foi publicada em 1997, o PERSU I, com uma meta de 10 anos (PERSU, 2007). Estabeleceu-se como meta o encerramento de todas as lixeiras do país, criaram-se diversos sistemas multimunicipais e intermunicipais para a gestão de RSU, construíram-se numerosas infra-estruturas de valorização e eliminação e lançaram-se sistemas de recolha selectiva multimaterial. O PERSU abriu caminho à constituição e ao licenciamento de entidades gestoras de fluxos especiais de resíduos.

O trabalho desenvolvido foi muito positivo e os progressos alcançados são visíveis em todo o País, tendo permitido que se tirasse o melhor partido possível dos fundos comunitários disponibilizados no âmbito do QCA III (Quadro Comunitário de Apoio para Portugal) para o período 2000 a 2006 que permitiu aplicar, em concreto, as propostas da Comissão acolhidas pelo Conselho Europeu de Berlim e desenvolvidas nos diversos instrumentos legislativos adoptados no seguimento da aprovação da Agenda 2000 (PERSU, 2007).

Em 2005, quando se efectuou a avaliação da situação do país, no que respeita ao cumprimento dos objectivos fixados no PERSU e às metas alcançadas na cobertura das necessidades da população, quanto à gestão dos RSU e resíduos equiparados, verificou-se que a situação exigia outras intervenções significativas (PERSU, 2007). Mau grado os melhoramentos verificados, subsistiam situações que não eram aceitáveis, no respeitante às infra-estruturas construídas, à sua gestão a nível local/regional e aos riscos eventuais de ruptura que se verificaram. Sendo necessário elaborar um novo PERSU, que foi designado como PERSU II (Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro), com a

identificação de objectivos prioritários, que foi designado como PIRSUE, tendo sido concretizado no Diário da República n.º 6, II Série, de 9 de Janeiro de 2006 (INR, 2005).

O PIRSUE apresentou-se como um instrumento que contribuiu para o desenvolvimento do PERSU II, elegendo dois vectores como base da sua estruturação (INR, 2005):

- a) Maximização da recuperação e valorização dos RSU produzidos;
- b) Deposição em aterro, apenas dos resíduos ditos últimos.

Nesse sentido foram estabelecidos cinco eixos, que funcionarão como base das acções a implementar. São eles os seguintes (PERSU, 2007):

- Eixo 1 – Deposição em aterro

Definição de medidas que visam desincentivar o depósito em aterro dos resíduos, de modo a dispor do máximo de capacidade de depósito possível;

- Eixo 2 – Separação e valorização na origem dos RSU e resíduos equiparáveis produzidos

Definição de medidas que visam melhorar as operações de separação e de valorização dos RSU e resíduos equiparados;

- Eixo 3 – Valorização multimaterial, quer orgânica quer energética

Definição de medidas tendentes a valorizar maximamente os resíduos produzidos, quer como fonte de novos produtos ou materiais, quer como fonte de energia;

- Eixo 4 – Avaliação da integração dos sistemas de gestão de RSU

Definição das medidas previstas para otimizar a instalação e gestão dos sistemas implementados;

- Eixo 5 – Elaboração de planos de gestão de resíduos

Definição das medidas tendentes a enquadrar o desenvolvimento e concretização das disposições resultantes da implementação dos eixos anteriores.

À luz destas necessidades, entendeu o Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional proceder à elaboração do PERSU II. O plano aprovado por Portaria de 28 de Dezembro de 2006, aponta a estratégia, define as prioridades e estabelece as metas que se pretendem atingir para o período de 2007 a 2016 em matéria de RSU (PERSU, 2007).

Com base em toda a análise tendencial efectuada, com as metas atingidas pelo PERSU I, encontram-se de seguida as diversas linhas orientadoras estratégicas presentes no PERSU II (Alves, 2009):

- Reduzir, reutilizar, reciclar;
- Separar na origem;
- Minimizar a deposição em aterro;
- “Waste to energy” para a fracção não reciclável;
- Informação validada em tempo real;
- Estratégia de Lisboa: Sustentabilidade dos Sistemas;
- Protocolo Quioto: compromisso determinante na política de resíduos.

Para concretizar as linhas orientadoras acima referidas, foram adoptados pelo plano cinco eixos de actuação, de forma a estruturar e unificar toda a estratégia do PERSU II para o período 2007 a 2016 (Carreira, 2007):

- Eixo 1 – Prevenção: Programa Nacional;
- Eixo 2 – Sensibilização/mobilização dos cidadãos para a “Sociedade de Reciclagem”;
- Eixo 3 – Qualificação e optimização da Gestão de Resíduos;
- Eixo 4 – Sistema de Informação como pilar de gestão dos RSU;
- Eixo 5 – Qualificação e Optimização da intervenção das entidades públicas no âmbito da gestão de resíduos.

Para o horizonte do PERSU II, a estratégia de gestão dos RSU está completamente condicionada pelo cumprimento de objectivos comunitários, estabelecidos para os anos de 2009, 2011 e 2016. As principais metas, determinadas pela Directiva “Aterros” e Directiva “Embalagens”, estão enumeradas na Tabela 1-1.

Tabela 1-1 Metas de gestão de RU em Portugal (Fonte: Adaptado de PERSU II, 2007, e APA, 2010).

Directiva “Embalagens” DL nº 366-A/97, alterado pelo DL nº 162/2000 e pelo DL nº 92/2006	Directiva “Aterros” DL nº 152/2002, de 23 de Maio DL nº 183/2009, de 10 de Agosto
2011 - Valorização total de RE: ≥ 60% - Reciclagem total de RE: 55-80% - Reciclagem de RE de vidro: ≥ 60% - Reciclagem de RE de papel e cartão: ≥ 60% - Reciclagem de RE de plástico: ≥ 22,5% - Reciclagem de RE de metais: ≥ 50% - Reciclagem de RE de madeira: ≥ 15%	<u>Janeiro 2006</u> - Redução de RUB destinados a aterro em 75% relativos à quantidade total (em peso) de RUB produzidos em 1995 <u>Julho 2016</u> - Redução de RUB destinados a aterro em 50% relativos à quantidade total (em peso) de RUB produzidos em 1995 <u>Julho 2020</u> - Redução de RUB destinados a aterro em 35% relativos à quantidade total (em peso) de RUB produzidos em 1995

RE: Resíduos de Embalagens; RUB: Resíduos Urbanos Biodegradáveis

O PERSU II foi alvo de um processo de consulta que envolveu não só os principais agentes do sector mas também os cidadãos (PERSU, 2007). Serão aliás os cidadãos a ter um papel decisivo para o sucesso do plano, mediante a assumpção de uma conduta cada vez mais responsável na forma como separam os seus resíduos.

1.4 ESTRATÉGIAS PARA A OPTIMIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE GESTÃO DE RU

1.4.1 ESTRATÉGIA DE LISBOA

A Estratégia de Lisboa representa uma visão para o futuro da Europa, aprovada pelos 27 Estados Membro no Conselho da Primavera de 2000, sob a Presidência Portuguesa, com o objectivo de querer fazer da Europa o espaço mais competitivo do mundo, no contexto da sociedade do conhecimento, com salvaguarda da coesão social e da sustentabilidade ambiental (Commission, 2008).

A estratégia constitui uma resposta aos desafios de globalização e do desenvolvimento da sociedade do conhecimento, preconizando a transição da sociedade industrial, baseada na produção em massa, para a sociedade onde a informação e o conhecimento se transformaram no recurso estratégico (Commission, 2008). Daí a aposta principal no desenvolvimento da Europa, inovação e capital humano, com a exigência de modernização do seu modelo social e protecção dos seus recursos naturais.

Os princípios gerais da nova Estratégia para a gestão dos RU têm por base a Sustentabilidade, isto é, os 3 pilares do desenvolvimento sustentável (Carreira, 2007):

- Ambiental
 - Medidas e plano de investimento que permitem o cumprimento da legislação nacional e comunitária, associados ao QREN.
- Económica e Financeira
 - Avaliação económica de soluções alternativas;
 - Optimização dos sistemas “em alta” e “em baixa” (critérios PERSU II);
 - “*Out sourcing*”¹ de actividade (recolha selectiva, comercialização do composto);
 - Tarifas reais suportadas pelo utilizador final (critérios de acesso ao QREN);
 - Regulação ambiental, económica e financeira.
- Social
 - Garantir a universalidade de serviço, com a qualidade adequada, tendo em consideração a prática de custos socialmente aceitáveis.

1.4.2 *ESTRATÉGIA NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL*

A União Europeia aprovou pela 1ª vez, no Conselho Europeu de Gotemburgo, em 2001, uma Estratégia Europeia de Desenvolvimento Sustentável, centrada nas alterações climáticas, riscos para a saúde pública, recursos naturais e transportes sustentáveis (APA, 2008b). Na sequência desta Estratégia, Portugal e outros países elaboraram as suas Estratégias Nacionais e respectivos Planos de Implementação.

A estratégia corresponde não apenas a um desafio global e europeu, mas ao desenvolvimento de uma visão de longo prazo para o desenvolvimento nacional, que enforma e perspectiva estratégias de mais médio e curto prazo (APA, 2008b). A ENDS são substituídas às diferentes estratégias nacionais sectoriais ou prioridades de mais médio prazo, mas dá-lhes um sentido, enquadrando-as em valores e metas mais ambiciosas.

¹ Transferência das actividades conhecidas como actividades meio, e nunca as actividades fins (produto final), para uma empresa terceirizada.

Em relação à gestão integrada de resíduos, a ENDS define o vector “Gestão integrada de Resíduos Sólidos, Designadamente dos Resíduos Urbanos, Industriais e Hospitalares, Visando a Redução, Reutilização, Reciclagem e Valorização, bem como a sua eliminação de Forma Segura e Eficaz, em Particular dos Resíduos Industriais Perigosos”, onde se incluem os seguintes tópicos (APA, 2008b):

- Reforço do sistema de recolha selectiva de resíduos sólidos urbanos, e, particular da rede de ecopontos e promoção da sensibilização da população para a separação e reutilização de resíduos, em particular dos resíduos de embalagens e promoção de sistemas de fluxos específicos de resíduos;
- Desenvolvimento de tratamento integrado dos resíduos hospitalares;
- Instalação dos Centros Integrados para Recuperação, Valorização e Eliminação de Resíduos Industriais Perigosos (CIRVER), com incentivos à constituição de EcoParques que permitam o aproveitamento empresarial dos materiais e organização de centros de logística inversa para automóveis, pneus, vidro, papel e plásticos;
- Eliminação dos resíduos que não puderam ser tratados naqueles Centros recorrendo à co-incineração;
- Participação na constituição de uma rede de instalações de sistemas de digestão anaeróbia e experimentação de novas tecnologias para o aproveitamento energético do biogás;
- Promoção de sistemas de gestão de resíduos da construção e demolição.

1.4.3 *RELAÇÃO ENTRE A ENDS E ESTRATÉGIA DE LISBOA*

A aprovação pelo Conselho de Gotemburgo de orientações sobre o desenvolvimento sustentável aparece como complemento da Estratégia de Lisboa, aprovada um ano antes (Carreira, 2007). Tratou-se de reforçar, dentro da mesma filosofia de acção, a componente ambiental, articulando-a com as componentes económica e social.

No seu desenvolvimento actual as duas estratégias complementam-se e ambas reconhecem que os objectivos económicos, sociais e ambientais podem reforçar-se mutuamente. A ENDS interessa-se em primeiro lugar pela qualidade de vida, equidade intra-gerações e entre gerações e coerência entre todos os domínios políticos, incluindo aspectos externos (APA, 2008b). A Estratégia de Lisboa contribui de forma essencial para o objectivo fundamental do desenvolvimento sustentável centrando-se em primeiro

lugar em acções e medidas destinadas a aumentar a competitividade e o crescimento económico e melhorar a criação de empregos (Commission, 2008).

1.4.4 *ESTRATÉGIA TEMÁTICA DE PREVENÇÃO E RECICLAGEM DE RESÍDUOS*

A Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos representa um avançar para uma utilização sustentável dos recursos, comunicada à comissão europeia em 2005, tem como objectivo reduzir os impactos ambientais negativos gerados pelos resíduos ao longo do seu ciclo de vida, a partir do momento em que são produzidos até à sua eliminação, passando pela reciclagem (CCE, 2005). Esta abordagem permite considerar cada resíduo, não apenas como uma fonte de poluição a reduzir, mas também como um recurso potencial a explorar.

A fim de alcançar este objectivo e, por conseguinte, de garantir um nível mais elevado de protecção do ambiente, o que se propôs foi a modernização do quadro jurídico, ou seja, a introdução da análise do ciclo de vida na definição de políticas e a clarificação, simplificação e racionalização da legislação da EU em matéria de resíduos (CCE, 2005).

Para isso foi necessária uma combinação de medidas de promoção da prevenção, reciclagem e reutilização dos resíduos de um modo que permita uma redução otimizada do impacto acumulado ao longo do ciclo de vida dos recursos, incluindo (Carreira, 2007):

- Uma ênfase renovada na plena implementação da legislação em vigor;
- Simplificação e modernização da legislação em vigor;
- Introdução do conceito ciclo de vida na política de resíduos.

A abordagem centrada no ciclo de vida foi integrada na legislação da EU através da clarificação dos objectivos da directiva-quadro relativa aos resíduos, para que estes tomem explicitamente em consideração a perspectiva do ciclo de vida.

A estratégia prevê a concessão de incentivos ao sector da reciclagem, tendo em vista a reintrodução dos resíduos no ciclo económico, sob a forma de produtos de qualidade, minimizando simultaneamente o impacto ambiental negativo dessa reintrodução (Carreira, 2007). Outra das medidas que esta estratégia antevê é o intercâmbio de informações sobre as taxas de deposição em aterro, bem como, a prazo, medidas baseadas na natureza dos materiais e medidas destinadas a completar os mecanismos de mercado, caso estes se revelem insuficientes para assegurar o desenvolvimento da reciclagem (CCE, 2005).

Com isto, a presente estratégia temática espera ter implicações para as actuais práticas em Portugal e nos restantes Estados-Membros e crie novas oportunidades para opções de gestão de resíduos que não sejam a deposição em aterros, incentivando assim a subida geral na hierarquia de resíduos.

A estratégia será objecto de revisão dos progressos verificados pela Comissão Europeia, em 2010, com a avaliação dos progressos observados nas políticas de prevenção dos resíduos, na aplicação do conceito de ciclo de vida à gestão dos resíduos e na evolução para uma sociedade europeia da reciclagem (CCE, 2005).

1.5 CARACTERIZAÇÃO DA SITUAÇÃO ACTUAL

Em Portugal existem dois modelos institucionais de gestão de RSU, os Sistemas Municipais ou Intermunicipais, que poderão ter operação indirecta ou indirecta de uma entidade pública ou privada de natureza empresarial, e os Sistemas Multimunicipais, resultantes da atribuição pelo Estado a sociedades concessionárias de capitais maioritariamente públicos (Monteiro, 2009).

Actualmente, estão implementados 29 sistemas de gestão de RSU em Portugal Continental, dos quais 15 Sistemas Multimunicipais e os restantes Sistemas Intermunicipais (Figura 1-1), distribuídos da seguinte forma (PERSU, 2007):

- **Região Norte:** 12 sistemas (dos quais 7 multimunicipais);
- **Região Centro:** 5 sistemas (dos quais 3 multimunicipais);
- **Região Lisboa e Vale do Tejo:** 6 sistemas (dos quais 3 multimunicipais);
- **Região Alentejo:** 5 sistemas (dos quais 1 multimunicipal);
- **Região Algarve:** 1 sistema (multimunicipal).

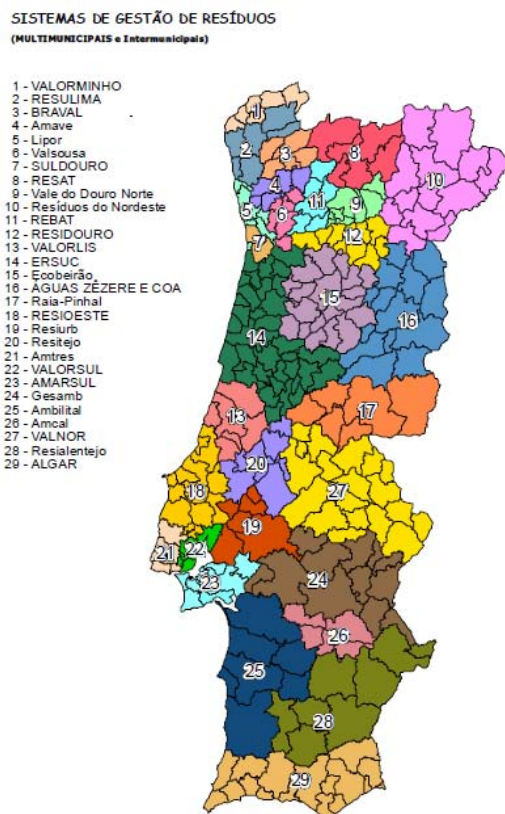


Figura 1-1 Sistemas de gestão de resíduos (multimunicipais e intermunicipais) em Portugal Continental
(Fonte: www.apambiente.pt).

Segundo o PERSU II, os Sistemas Multimunicipais e Intermunicipais de gestão de RSU oferecem, numa perspectiva geral, um nível de serviço elevado.

Em relação à Região Autónoma da Madeira foi criada a Valor Ambiente, Gestão e Administração de Resíduos da Madeira, S.A. e na Região Autónoma dos Açores foram atribuídas as responsabilidades de gestão dos resíduos urbanos em alta às Associações de Municípios de algumas ilhas do arquipélago, como por exemplo a ilha de São Miguel e a ilha do Pico, sendo que nos restantes municípios a gestão contínua está a cargo dos municípios (APA, 2008a).

A produção de RSU em Portugal apresenta uma tendência crescente, atingindo, em 2006, cerca de 4,6 milhões de toneladas, ou seja, cerca de $1,24 \text{ kg.habitante}^{-1}\text{dia}^{-1}$, com base nos dados estatísticos da Eurostat (Eurostat, 2009). A Figura 1-2 resume a variabilidade, da produção de RSU na EU (ao nível de 27 Estados-Membros), em 2009.

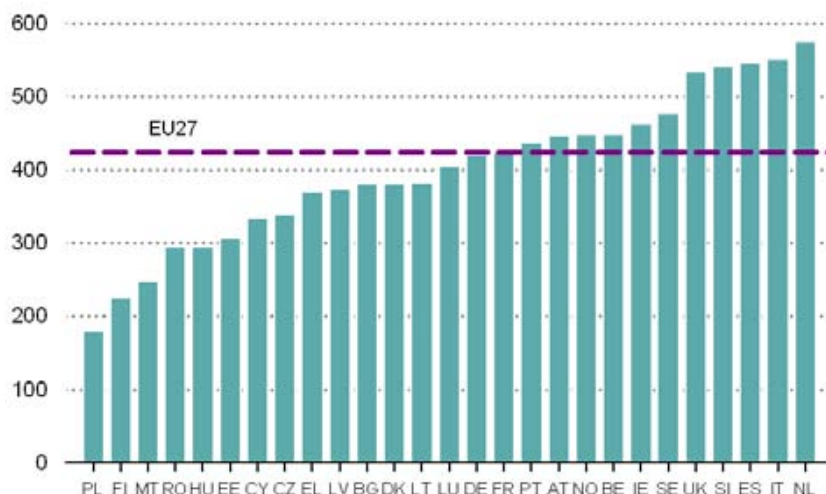


Figura 1-2 Produção de RSU na UE27 (kg per capita), em 2009 (Fonte: Eurostats, 2009).

A distribuição regional dos RSU produzidos em Portugal é muito marcada, reflexo do modo de vida das populações e do seu contacto mais ou menos directo com o mundo rural. Anteriormente o campo mantinha com a cidade um contacto ainda mais íntimo, que se traduzia numa reutilização de resíduos orgânicos, por vezes muito considerável, ou até quase total. Na Tabela 1-2, a produção pode ser detalhada por regiões.

Tabela 1-2 Produção e Capitação de RU por Região, em 2006 (Fonte: APA, 2008).

Região	Produção RU (t)			Capitação RU (kg/hab.ano)		
	Recolha Indiferenciada	Recolha Selectiva	Total	Recolha Indiferenciada	Recolha Selectiva	Total
Norte	1.373.247	152.328	1.525.576	381	42	423
Centro	719.886	50.916	770.802	364	26	390
Lisboa e Vale do Tejo	1.486.308	229.754	1.716.062	420	65	485
Alentejo	275.049	25.487	300.535	482	45	527
Algarve	298.033	30.095	328.129	707	71	778
Total	4.152.523	488.580	4.641.103	411	48	459

No que concerne ao destino final dos RSU, no período de 1999 a 2005 (Figura 1-3), verificou-se em 2002 a erradicação das lixeiras, aspecto importante da implementação do PERSU I, a implementação da incineração com recuperação de energia, constituindo o destino final de 21% dos resíduos produzidos em 2005, e o aumento significativo da recolha selectiva multimaterial.

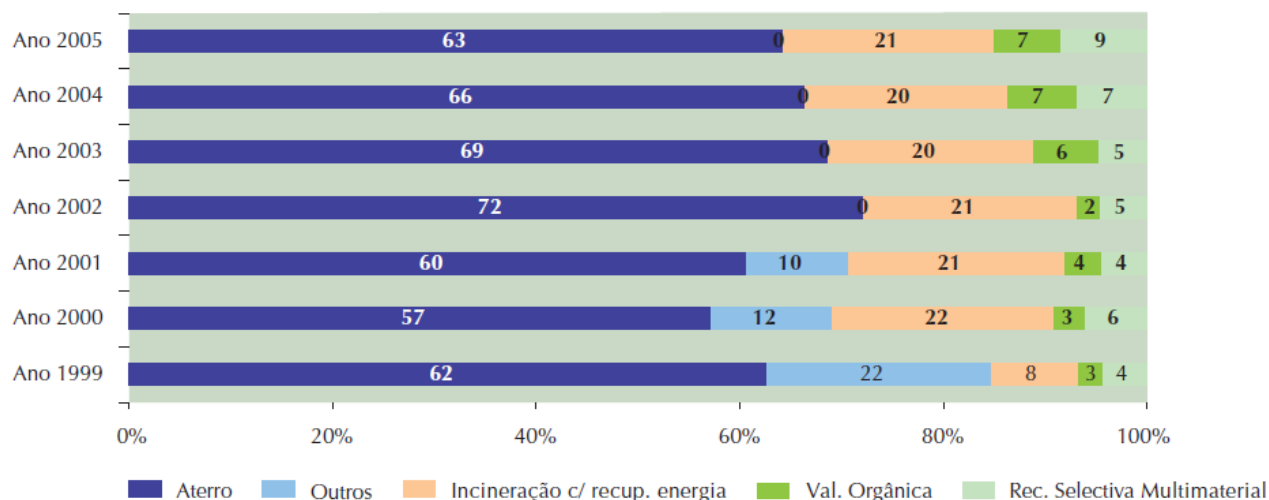


Figura 1-3 Destino Final de RSU em Portugal Continental, entre 1999 e 2005 (Fonte: PERSUII, 2007).

(Notas: A Categoria Outros inclui lixeiras (1999-2002) e vazadouros controlados (2003-2005). A recolha selectiva inclui a recolha em ecopontos, porta-a-porta, e ecocentros (em 2005 inclui também a recolha selectiva de RUB. A valorização orgânica, para o ano de 2005, inclui também a valorização orgânica de RUB recolhidos selectivamente.)

1.6 NOVOS PARADIGMAS DE GESTÃO - SMALL IS BEAUTIFUL

1.6.1 IMPORTÂNCIA E ACTUALIDADE DO PENSAMENTO DE SCHUMACHER

Ernst Friedrich Schumacher foi um economista que procurou apontar os erros e incoerências do pensamento económico tradicional (Todd, 2006). Ele destacava a necessidade de que os conceitos fossem revistos à luz de uma teoria económica que centrasse sua atenção no desenvolvimento inicialmente direccionado à população. Neste sentido, as suas soluções estavam relacionadas a alguns temas centrais como a descentralização e a adequação da tecnologia ao estágio de desenvolvimento do país (Moraes, 2003).

O conceito Small is beautiful (“Uma questão de tamanho”) está evidente em todas as obras de Schumacher, manifestando a preocupação com as estruturas descentralizadas. Segundo Schumacher, a tendência correcta a adoptar seria a de conceder maior autonomia às populações mundiais ao invés de inseri-las numa ordem cada vez mais centralizada. O argumento de que a tecnologia actual leva os ganhos de escala a serem explorados é questionado enfaticamente pelo economista, que alega que as unidades menores também prosperam, a despeito da acumulação tecnológica (Moraes, 2003).

Uma organização ou um modelo de gestão baseados nesse tipo de administração levam as unidades a um maior dinamismo, envolvendo uma estrutura de decisão presente e com comandos simples. Esse estado de espírito é materializado no slogan: “Pense globalmente, aja localmente”. Além disso, a descentralização contribui para aliviar as tensões dentro de uma mesma estrutura, sendo também evidente os benefícios quando se menciona a importância crescente que o cidadão assume na vida comunitária (Moraes, 2003).

Nesta dicotomia grande *versus* pequeno, Schumacher, com toda a certeza, está situado no pólo oposto ao do Mahalanobis (e ao de muitos outros pioneiros do desenvolvimento), que defendiam arduamente a implementação, mediante um planeamento do desenvolvimento, de grandes projectos infra-estruturais como forma de superação do atraso económico.

De acordo com Schumacher, “a tecnologia tem crescido além da escala humana (Moraes, 2003). A questão é: “Nós podemos trazê-la de volta à escala humana?” A superação de todas essas dificuldades dá-se a partir da adopção de tecnologia intermédia, que além de ser uma tecnologia com elevado grau de absorção de mão-de-obra, contém técnicas mais eficazes produção/gestão que lhe permite algum ganho de remuneração em relação à tecnologia tradicional (centralizada). Aqui a ideia de tecnologia intermédia funde-se à ideia de descentralização, principalmente pelo facto de que não há apenas uma homogeneidade económica/administrativa, mas também uma “homogeneidade cultural e social” entre os participantes do sistema. A consequência imediata é a de que toda uma região passa a ter uma dinâmica própria e com menor grau de dependência dos grandes centros.

Em suma, as percepções e as soluções de Schumacher, além de demonstrarem simplicidade, direccionam-se para os problemas reais das populações/sociedades, particularmente para os que são social e economicamente excluídos do processo de desenvolvimento, ou seja, fora dos grandes centros urbanos ou na “província”.

1.6.2 APLICAÇÃO DO PENSAMENTO SCHUMACHER NA GESTÃO DOS RSU

A ideia de uma nova concepção de estações de pequena escala de triagem e compactação de resíduos diferenciados é “cultivada” pela aversão das populações para a construção de estações de grande escala e transporte em massa dos resíduos.

Actualmente, as estações de triagem recebem, dia a pós dia, uma maior quantidade de resíduos a tratar, facto este que continuará a aumentar à medida que as populações aumentam ou com o aumento da participação pública na recolha selectiva, assim como, a actividade comercial e industrial (APA, 2008a). Essa percepção leva a uma pressão acrescida, exercida sobre as autoridades locais para resolver os seus problemas de resíduos por outros meios de gestão que conduzem possivelmente a estações de pequena escala, implementadas a nível local.

As questões que se locam são: “O pequeno é melhor?”, “é a melhor solução para o futuro?”, segundo Schumacher e Leopold Kohr, economista austríaco que ficou célebre com a obra *Breakdown of Nations* (obra que atribui os males do mundo moderno à grandeza de escala), a criação dos sistemas em pequena escala e local é o caminho a seguir (Todd, 2006). A sociedade compreende que estamos numa fase em que o problema está a atingir uma situação crítica e algo precisa ser feito.

Com este conceito, podemos combater o desperdício, com um maior incentivo à sensibilização dos cidadãos, e a questão da sinergia a nível local, atenuando o transporte de resíduos a longa distância, que se mostra nem viável nem rentável, e conseqüentemente, a enorme despesa para o contribuinte. Uma outra vantagem à implementação do conceito *Small is beautiful*, é a integração destes sistemas descentralizados na sociedade com muito mais facilidade e com menos objecções.

1.7 OBJECTIVOS DO PRESENTE TRABALHO

O presente trabalho visa aplicar a metodologia de análise de ciclo de vida à gestão de RU.

A abordagem do presente trabalho diz respeito ao desenvolvimento de uma metodologia de gestão de RU, aplicada aos resíduos da recolha selectiva multimaterial, precisamente nas fileiras do Vidro, Papel/Cartão e Embalagens presentes nos ecopontos, para um sistema de gestão centralizado (actual) e descentralizado, baseado na metodologia “*Small is beautiful*”. O trabalho tem como base a gestão de resíduos urbanos da recolha selectiva multimaterial nos municípios de Ílhavo e Arouca como casos de estudo.

Os objectivos propostos inicialmente para o presente trabalho referiam as seguintes fases:

- a) Familiarização com a metodologia de análise de ciclo de vida e base de dados ECOINVENT, com a aplicação a dois casos de estudo (gestão de resíduos da recolha selectiva multimaterial para os municípios de Ílhavo e Arouca);
- b) Construção e identificação dos processos aplicados à gestão dos resíduos diferenciados, particularmente no que se refere à recolha, triagem e transporte para as entidades recicladoras;
- c) Conceber cenários de gestão para cada caso de estudo, apropriados ao esclarecimento do conceito actual (centralização) e Small is Beautiful;
- d) Identificar os diferentes processos de cada caso de estudo e cenário e estabelecer as relações de massa e energia, a partir dos dados disponíveis na literatura e processos reais, tendo em conta a unidade funcional escolhida;
- e) Determinar a pegada de carbono para cada processo e cenário;
- f) Relacionar toda a informação processada e armazenada para que se torne cómodo e acessível a sua modificação ou actualização futura.

2 GESTÃO DE RSU NOS MUNICÍPIOS DE ÍLHAVO E AROUCA

2.1 SISTEMA MULTIMUNICIPAL DO LITORAL CENTRO

A gestão dos RSU no município de Ílhavo e Arouca está a cargo do Sistema Multimunicipal de Tratamento e Valorização de Resíduos Sólidos Urbanos do Litoral Centro (ERSUC), que foi criado pelo Decreto-Lei nº 166/96, de 5 de Setembro, com uma área geográfica correspondente a 31 municípios, abrangendo uma área de 6.700 km² e servindo, em 2008, uma população de cerca de 977.873 habitantes (ERSUC, 2008).

A exploração e gestão do Sistema foi atribuída à ERSUC – Resíduos Sólidos do Centro, S.A., tendo sido celebrado em 14 de Março de 1997 o contrato de concessão entre o Estado e a ERSUC. Nesse contrato foram assinados os contratos de entrega e recepção de resíduos e de recolha selectiva entre os municípios e a ERSUC. A Figura 2-1 representa a área geográfica de actuação da ERSUC.

Com vista a alcançar um melhor desempenho e responsabilidade ambiental, a ERSUC entregou, em Abril de 2006, um projecto de tratamento, valorização e destino final dos RSU do Sistema Municipal do Litoral Centro que tem em conta os objectivos definidos no Despacho de 5 de Dezembro de 2005, publicado no Diário da República, II série, em 10 de Janeiro de 2006, que em síntese previa (ERSUC, 2008):

- A dinamização da Recolha Selectiva de materiais recicláveis;
- O funcionamento de duas Estações de Triagem para esses materiais;
- A implementação de Estações de Transferência de RSU;
- A construção de uma/duas unidades de TMB (tratamento mecânico biológico);
- O pré-tratamento de RSU provenientes da recolha indiferenciada;
- A recuperação das fracções possíveis de reciclagem e valorização;
- A recuperação dos biodegradáveis para produção de composto;
- A produção de energia eléctrica a partir da digestão anaeróbia;
- A produção de combustível derivado de resíduos (CRD);
- A construção de um/dois aterros para eliminação dos refugos.

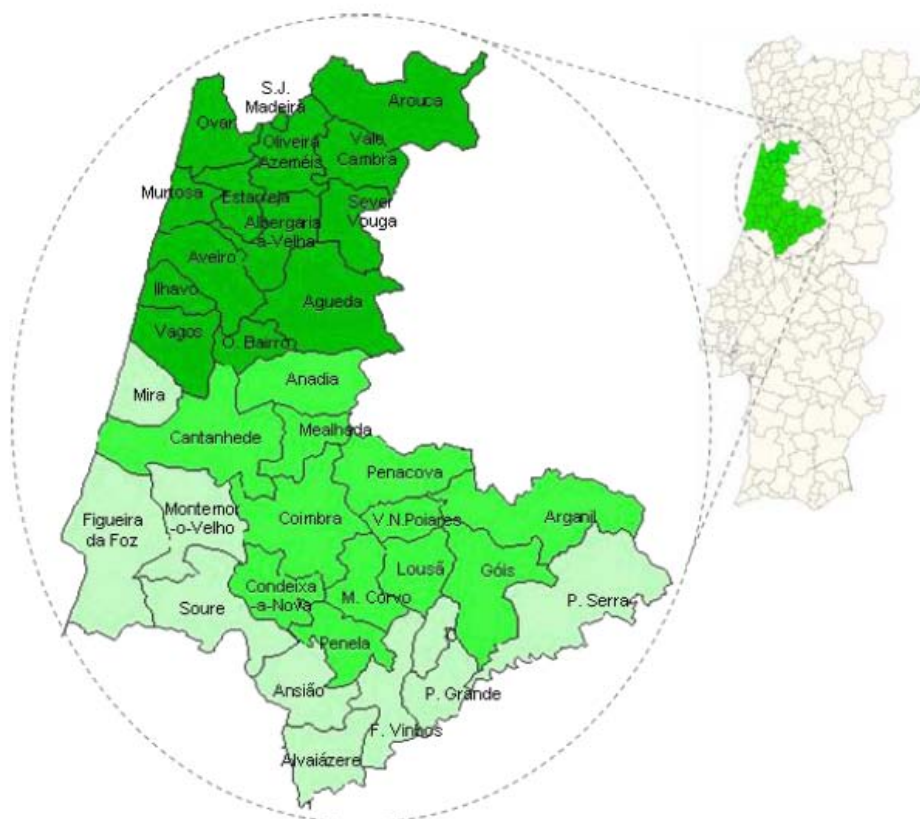


Figura 2-1 Área de actuação geográfica da ERSUC (Fonte: www.ersuc.pt).

2.2 INFRA-ESTRUTURAS E EQUIPAMENTOS EXISTENTES

Actualmente, a ERSUC está dividida em três pólos, cada um servido por um Aterro Sanitário (ERSUC, 2008). O pólo do Baixo - Mondego é servido pelo Aterro da Figueira da Foz e pelas Estações de Transferência da Pampilhosa da Serra e de Ansião. O pólo do Mondego é servido pelo Aterro de Coimbra e pela Estação de Transferência de Góis. O pólo do Baixo-Vouga é servido pelo Aterro de Aveiro e pelas Estações de Transferência de Estarreja, Oliveira de Azeméis e Sever do Vouga. Na Figura 2-2 estão assinalados os equipamentos incluídos no Sistema Multimunicipal. O transporte dos resíduos é da responsabilidade dos municípios ou de outras entidades a quem estes concessionam o serviço de recolha.

Com vista a servir os municípios mais afastados dos Aterros Sanitários, a ERSUC construiu e opera Estações de Transferência, onde são descarregados os resíduos produzidos por esses municípios, podendo ser da sua responsabilidade ou de outras

entidades a quem estes concessionam o serviço, o transporte desses até à estação respectiva.

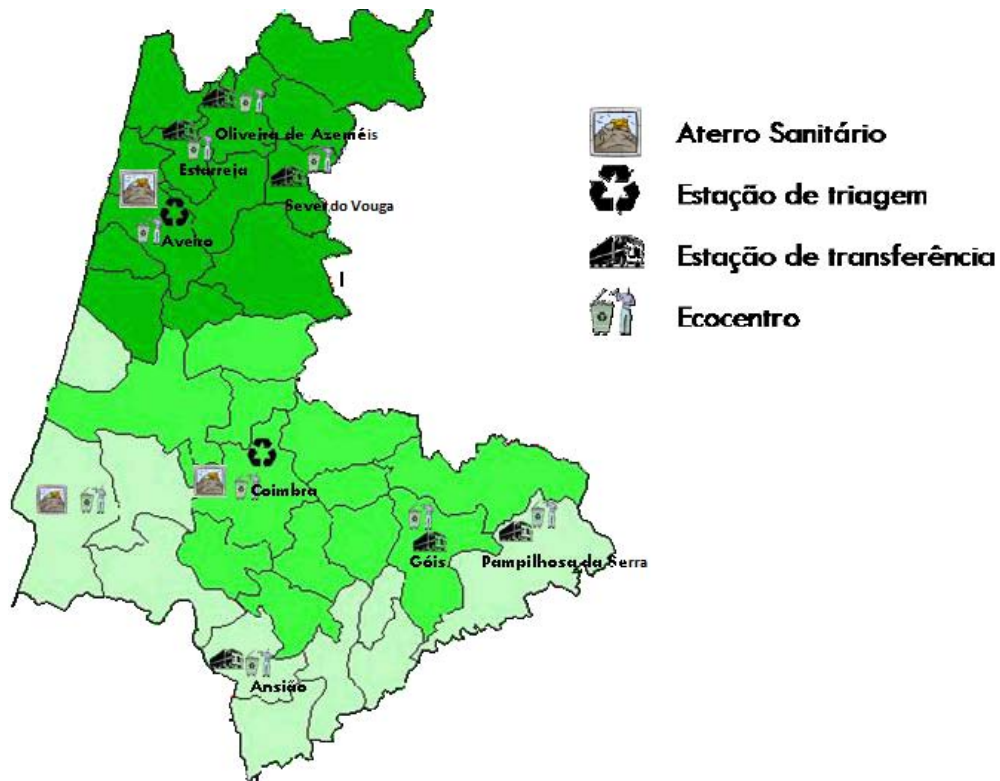


Figura 2-2 Sistema Multimunicipal do Litoral Centro (Fonte: www.ersuc.pt).

A implementação de uma rede de recolha selectiva para a reciclagem multimaterial assenta na aquisição, colocação e recolha de ecopontos, cujos materiais resultantes (embalagens de vidro, papel/cartão, plástico e metal) sofrem uma triagem antes do envio destes para reciclagem. A ERSUC colocou à disposição dos municípios, em termos de equipamento instalado, em 2008, 9.323 contentores de recolha selectiva, dos quais 4.102 são vidrões, 2.663 papelões e 2.558 embalões. Desta maneira, atingiram-se os rácios de 226 habitantes por vidrão, 365 por papelão 380 por embalão. Em relação à actividade de recolha foram percorridos 1.432.166 km para recolher 377.400 contentores. Em termos médios as viaturas da ERSUC tiveram de percorrer 47,3 km para recolher uma tonelada de resíduos recicláveis (www.ersuc.pt).

A gestão do sistema de tratamento de resíduos sólidos urbanos actualmente implantado passa pelos processos de reciclagem multimaterial e confinamento técnico em aterro.

2.2.1 PRODUÇÃO DE RESÍDUOS

Em 2008 foram recebidas e tratadas nos aterros 375.942 toneladas de RSU (www.ersuc.pt). Esta produção reflectiu uma capitação de 1,034 kg por habitante e por dia, contra os 1,030 kg por habitante e por dia registados no ano anterior, uma variação 0,4%, reflectindo um ligeiro aumento na produção de RSU por parte dos municípios que integram o sistema.

Relativamente à recolha selectiva multimaterial, as quantidades de materiais recicláveis tem aumentado significativamente ao longo dos anos, tendo sido recebidas nas Estações de Triagem, em 2008, 32.344 toneladas de resíduos diferenciados (www.ersuc.pt). Na Figura 2-3 é possível verificar as quantidades recolhidas para as fileiras de vidro, papel/cartão e embalagens, respectivamente, assim como as taxas de crescimento ao longo dos anos.

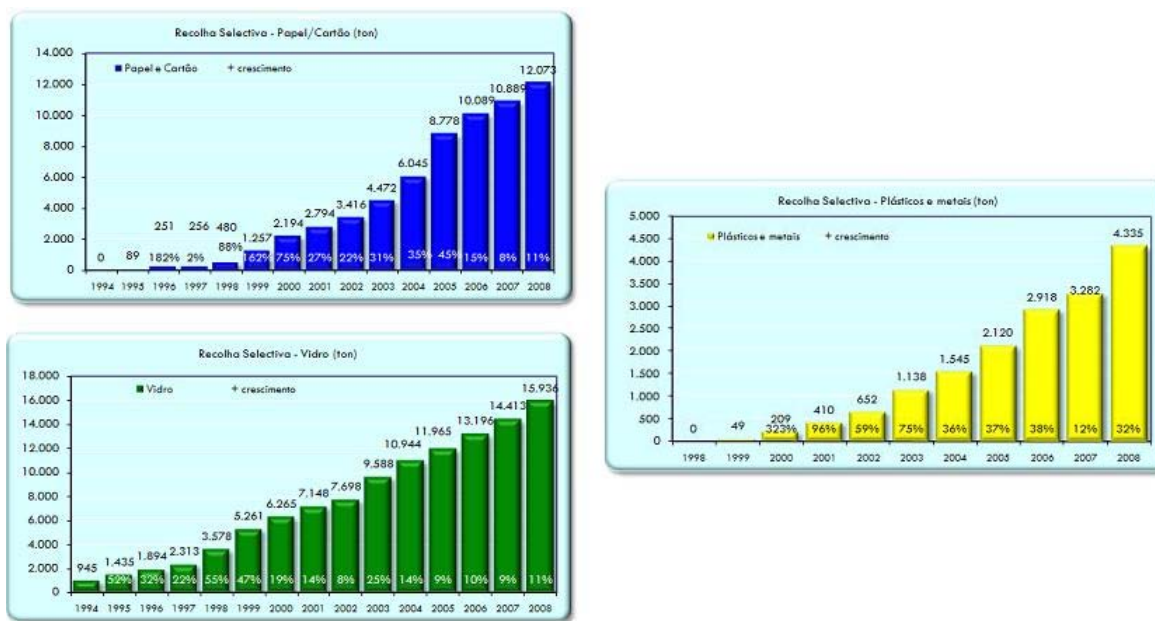


Figura 2-3 Evolução e crescimento da recolha selectiva para as fileiras de vidro, papel/cartão e embalagens, em 2008 (Fonte: www.ersuc.pt).

2.3 CARACTERIZAÇÃO DOS CASOS DE ESTUDO

Os municípios de Ílhavo e Arouca têm colaboração contratual com a ERSUC e com a concessionária para os serviços de recolha indiferenciada (SUMA - Serviços Urbanos e Meio Ambiente S.A.).

2.3.1 *MUNICÍPIO DE ÍLHAVO*

O município de Ílhavo localiza-se a Sul do Distrito de Aveiro e faz parte da Região Centro (NUT I) e do Baixo Vouga (NUT II) (www.cm-ilhavo.pt). Os 40.584 residentes, registados em 2008 (INE, 2008) distribuem-se numa área territorial de 75km² e por quatro freguesias: S. Salvador, Gafanha da Nazaré, Gafanha da Encarnação e Gafanha do Carmo (Figura 2-4).



Figura 2-4 Mapas de localização do município de Ílhavo e respectivas freguesias.

Em 2008 a produção anual de resíduos indiferenciados foi de 20.074 toneladas. Relativamente à actividade da recolha selectiva no mesmo ano, para recolher uma tonelada de resíduos da recolha selectiva multimaterial foram percorridos cerca de 40 km no caso do vidro, 140 km no caso do papel e cartão e 171 km para as embalagens. A produção anual destes resíduos foi de 1.302 toneladas (www.ersuc.pt).

2.3.2 *MUNICÍPIO DE AROUCA*

O município de Arouca situa-se no extremo NE do distrito de Aveiro e está integrado na NUT III do Entre Douro e Vouga, da região Norte de Portugal (www.cm-arouca.pt). Os 23.824 residentes, registados em 2008 (INE, 2008) distribuem-se numa área territorial de 327km² e por vinte freguesias: Albergaria da Serra, Alvarenga, Arouca, Burgo, Cabreiros, Canelas, Chave, Covêlo de Paivó, Escariz, Espiunca, Fermêdo, Janarde, Mansores, Moldes, Rossas, Santa Eulália, S. Miguel do Mato, Tropêço, Urrô e Várzea. (Figura 2-5).



Figura 2-5 Mapas de localização do município de Arouca e respectivas freguesias.

A produção anual de resíduos indiferenciados, em 2008, foi de 5.330 toneladas (www.ersuc.pt). A recolha deste tipo de resíduos é feita inicialmente para a estação de transferência de Ossela e numa segunda fase são transportados para o Aterro de Aveiro.

Em relação à actividade de recolha selectiva no mesmo ano, para recolher uma tonelada de resíduos selectivos foram percorridos cerca de 54 km no caso do vidro, 204 km no caso do papel e cartão e 199 km para as embalagens (www.ersuc.pt). A produção anual destes resíduos foi de 472,4 toneladas.

3 RESÍDUOS DA RECOLHA SELECTIVA MULTIMATERIAL

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS FLUXOS

A gestão de RSM é influenciada pela diversidade crescente e continuada de produção de resíduos ou materiais tecnologicamente similares, aos quais é necessário assegurar um destino adequado. Neste trabalho damos ênfase, nesse sentido, ao vidro, papel/cartão e plásticos.

3.1.1 VIDRO

O vidro representa um dos constituintes mais frequentes dos RSU e de outros tipos de resíduos, constituindo um dos materiais residuais cuja recolha selectiva tem recebido mais fácil aceitação por parte dos consumidores. Este facto poderá ser parcialmente explicado pela tradicional reutilização de objectos deste tipo e pela tradição do pagamento das embalagens, isto é, pela existência de um valor de retorno quando devolvidas ao fornecedor (Levy, 2006). A facilidade de reutilização para múltiplos fins e os riscos de ferimentos em caso de quebra poderão também ter contribuído para explicar a reacção favorável à sua recolha selectiva.

Actualmente, a produção de vidro atinge quantitativos elevados, de onde resultam resíduos também importantes, que importa gerir de forma adequada. O vidro é utilizado para diferentes fins, dos quais se podem realçar os seguintes (Oliveira, 2009):

- a) **Vidro para embalagens**, utilizado para a fabricação de garrafas, potes, frascos e outros vasilhames, que têm em geral as cores branca, âmbar e verde, em função dos produtos embalados e da sua reacção à luz do sol;
- b) **Vidro plano**, fabricados em vidro comum para janelas e construções que sejam transparentes, podendo alternativamente ser vidros cristais, vidros impressos, temperados, laminados, aramados ou outros, em função da sua utilização;
- c) **Vidros domésticos**, englobando produtos de uso doméstico (copos, pratos, tigelas, travessas, panelas, etc.), fabricados em diferentes tipos de vidro que podem ter elevada resistência térmica ou mecânica, ou outras características específicas;
- d) **Fibras de vidro**, com as quais são fabricados tecidos, mantas, fios ou outros produtos usados para fins de protecção ou de isolamento;

- e) **Vidros técnicos**, utilizados no fabrico de lâmpadas incandescentes ou fosforescentes, tubos de TV, vidros para laboratório, ampolas, garrafas térmicas, etc.

Como limite tendencial poderá dizer-se que em condições técnicas o vidro pode ser reciclado cerca de 17 vezes (Levy, 2006).

A recolha selectiva do vidro usado, nos vidrões tem vindo a generalizar-se no nosso país, embora ficando ainda abaixo do desejável. O facto de parte da propaganda televisiva e outra que apoia as campanhas que nesse sentido a sociedade Ponto Verde tem desenvolvido, serem apontadas para os mais jovens, é uma posição que devemos considerar correcta, por ser mais eficiente a prazo a educação dos jovens do que a insistência recebida com displicência pelos mais velhos.

3.1.2 *PAPEL E DERIVADOS*

Podemos definir o papel como um enfechado de fibras celulósicas, previamente extraídas de madeira ou materiais similares, tendo sofrido operações de refinação, carga e colagem e cujo peso por grama seja inferior, aproximadamente, a 160 g.m^{-2} (Oliveira, 2009). É constituído principalmente por celulose, contendo ainda lenhina e hemicelulose, cinzas minerais, corantes e outras substâncias. Esta denotação pode abranger analogamente as cartolinas cuja gramagem é superior (variável entre 160 e 300 g.m^{-2}) e os cartões cuja gramagem supera em geral os 300 g.m^{-2} (Oliveira, 2009).

A percentagem de papel, cartão, produtos similares e derivados, presente nos resíduos urbanos e em alguns resíduos industriais, tem vindo a crescer em paralelo com a terciarização do consumo, o alargamento dos mercados e consequente globalização.

A reciclagem do papel é um dos grandes desafios do sector. A maior parte do papel e cartão recolhido nos ecopontos é de baixa qualidade e, para além disso, existem vários tipos de papel que não são possíveis de reciclar, tais como, papel com muita tinta (revistas), papel betuminoso e plastificado. A recolha selectiva porta-a-porta tem melhorado gradualmente a qualidade do produto devido à separação do papel contaminado dos restantes resíduos, promovido pela separação em casa (Levy, 2006).

O papel pode ser reciclado, com perda progressiva de qualidade e com perda de material. Teoricamente consegue reciclar-se até 2 vezes (Oliveira, 2009).

3.1.3 PLÁSTICOS

Os plásticos são produzidos a partir de diferentes materiais, sendo previsível que novos desenvolvimentos tecnológicos se verifiquem futuramente. A diversidade de produtos que lhes podem ser adicionados é cada vez maior, com reflexos eventuais na ecotoxicidade dos respectivos resíduos e sem que, na maior parte dos casos, os consumidores sejam informados não só desde facto mas, particularmente, das eventuais consequências daí potencialmente resultantes.

A utilização em larga escala destes materiais plásticos, tendo diversas composições e características físico-químicas, conduziu a um aumento em geral descontrolado da sua dispersão no ambiente e da sua presença em numerosos tipos de resíduos. A sua não biodegradabilidade agrava o peso da sua contaminação ambiental, que se traduz também pela lixiviação de alguns constituintes exógenos, com efeitos bióticos ou mesmo toxicológicos (Levy, 2006).

A reciclagem em larga escala levanta desde logo alguns problemas significativos nomeadamente os seguintes (Oliveira, 2009):

- Existe uma grande variedade de plásticos que dificulta a sua separação por tipos separados, sem o que a reciclagem se torna difícil, ou não interessante economicamente;
- Nalguns objectos os plásticos estão combinados com outras substâncias, impossibilitando a sua separação;
- Alguns plásticos não podem ser reciclados para o seu uso original, criando condições de difícil gestão dos fluxos de resíduos;
- Os plásticos comuns têm de ser reciclados num sistema funcionando em círculo aberto.

Como é evidente, muito embora a aplicação das estratégias de redução, de reutilização e de recuperação possa minimizar os impactes e reduzir os quantitativos de resíduos gerados, no final teremos um volume/quantitativo de resíduos que terá de ser gerido de forma adequada, isto é, que deverá ser valorizado, o que inclui a sua eventual reciclagem. As vantagens resultantes das operações de reciclagem de resíduos de plásticos são importantes, particularmente, no que respeita a economias de matérias-primas e de energia, podendo funcionar como factor de normalização dos mercados e de conservação de recursos.

3.2 SÍNTESE DE ALOCAÇÃO E RECOLHA

Num sistema de gestão de resíduos, a recolha é caracterizada pelo conjunto de actividades que inclui o armazenamento temporário, a alocação dos diferentes resíduos no sistema de recolha (contentores, sacos), através da participação dos cidadãos, e ainda as operações de carga/descarga e transporte (DL nº 178/2006).

Entre os factores que entram na selecção de um projecto de um sistema de recolha de materiais recicláveis, destacam-se os seguintes: (1) o nível previsto de separação na fonte, (2) o tipo de contentor ou contentores em que os materiais recicláveis são armazenados desde a produção até à recolha e (3) a acessibilidade aos contentores pelo veículo de recolha (Tchobanoglous, 1993).

Os sistemas de recolha selectiva em Portugal são, actualmente, denominados por várias categorias, nomeadamente, “curbside collection”, “containerized collection”, “drop-off collection”, entre outros (ex. “underground collection”).

Com a “curbside collection”, isto é, recolha porta-a-porta, os resíduos diferenciados são recolhidos de forma domiciliária, através de sacos, e de seguida procede-se à sua transferência para um veículo de recolha. O método “containerized collection” é comumente utilizado na recolha de resíduos diferenciados produzidos em estabelecimentos comerciais, instituições públicas e privadas. Dois dos mais comuns carregadores de resíduos automatizados são o carregador frontal e carregador roll-off (Tchobanoglous, 1993). Carregadores frontais usam contentores de aço e têm uma capacidade de 6 m³. Os contentores são mecanicamente elevados e os resíduos são lançados para a frente do veículo. Os contentores roll-off possuem uma elevada capacidade de armazenamento, de até 30 m³. Estes contentores são elevados e colocados no veículo de transporte após um outro vazio ser retirado. Na Figura 3-1 é demonstrado um exemplo de um contentor de grandes dimensões.



Figura 3-1 Contentor roll-off para estabelecimentos comerciais.

A recolha drop-off é caracterizada pela colocação do contentor, infra-estrutura denominada de ecoponto, na parte de cima do veículo e de seguida é feita a descarga dos resíduos pela parte inferior do contentor (Figura 3-2).



Figura 3-2 Contentores drop-off.

3.3 TRATAMENTO FÍSICO – MECÂNICO

A triagem refere-se às operações de separação de resíduos, aplicadas às fracções dos RU com origem na recolha selectiva, para posteriormente ser feita a reciclagem (Tchobanoglous, 1993).

Segundo a alínea S do artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 31095 de 20 de Novembro (que transpõe as Directivas n.º 91/156/CEE e 91/689/CEE, ambas do Conselho, respectivamente, de 18 de Março e de 12 de Dezembro), a Estação de Triagem pode ser definida como sendo: - instalações onde os resíduos são separados, mediante processos manuais ou mecânicos, em materiais constituintes destinados a valorização, que não são admissíveis ao tratamento a que os restantes resíduos vão ser sujeitos.

Em Portugal, apenas são admitidos nas Estações de Triagem os resíduos que foram sujeitos a deposição selectiva em contentores denominados de embalões e papelões, e que podem ser passíveis de valorização. O conteúdo destes contentores é objecto de separação por tipo de material na ET, e o conteúdo dos contentores denominados de vidrões é encaminhado directamente para a indústria recicladora (Tavares, 2004).

Nas ET's, além da separação, nomeadamente de papel/cartão e embalagens de plástico, estes componentes são prensados, enfardados e armazenados pela sua tipologia, de forma a poderem ser expedidos para reciclagem, tendo em conta o cumprimento das especificações técnicas da SPV.

3.3.1 *ESTAÇÃO DE TRIAGEM*

Nos modelos técnicos desenvolvidos em Portugal, dos sistemas multimunicipais, adoptou-se o sistema tri-fluxo para resíduos diferenciados, baseados em ecopontos constituídos por três contentores para vidro, papel/cartão e embalagens. As ET's, em Portugal, estão integradas no espaço físico dos Aterros Sanitários de forma a otimizar meios humanos e custos de investimento e manutenção, facto este praticado também pela maioria da UE (Martinho, 2002).

As ET's inserem-se numa zona coberta, permitindo a descarga por basculamento das viaturas de RSM no seu interior. Nestas unidades são consideradas várias aberturas para o exterior permitindo (Tavares, 2004):

- A descarga das viaturas de RSM nas áreas destinadas para esse fim;
- A remoção e transporte de fardos;
- A retirada do contentor de recepção de refugos (caso se encontre no interior da ET);
- A entrada/saída de pessoal.

Segundo Tchobanoglous et al. (1993), o processo de triagem envolve algumas operações que se realizam antes da triagem em si e outras que ocorrem depois da triagem. No entanto, no seu conjunto, essas operações definem o que se designa por tratamento físico-mecânico.

3.3.2 PROCESSO DE TRIAGEM

Na ET procede-se à separação rigorosa dos resíduos, sendo esta selecção feita através de processos manuais, quer mecânicos (Dubanowitz, 2000). O processo de triagem envolve operações antes da triagem em si e outras que ocorrem depois da triagem, no entanto, no seu conjunto essas operações definem o que se designa por processo de triagem, Figura 3-3.

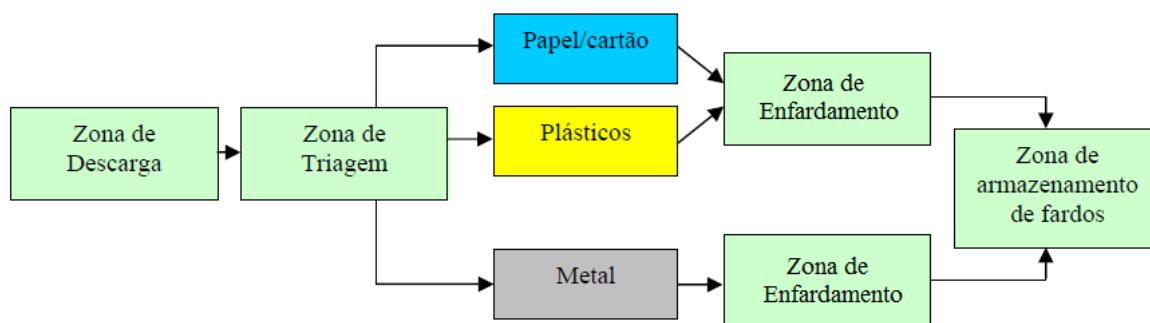


Figura 3-3 Fluxograma do processo operativo (Fonte: Adaptado de Dubanowitz, 2000).

Uma vez chegados à ET, os veículos que transportam os resíduos são pesados numa báscula (Tchobanoglous, 1993b), permitindo contabilizar as entradas. De seguida, o material é descarregado no cais de recepção ou, dependendo do volume de trabalho, na zona de armazenamento dentro da “nave” da ET.

É na linha de triagem, onde os operadores de triagem separam manualmente e de maneira positiva todos os materiais passíveis de valorização. Esta encontra-se sobre a plataforma elevada, a uma altura variável, de acordo com a dimensão dos contentores. As embalagens de metal não ferrosas são separadas manualmente por um operador de triagem, enquanto que as embalagens metálicas ferrosas são separadas por um separador magnético, que se encontra instalado, dependendo da ET, no final ou início da linha de triagem (Holdings, 2007).

O fluxo de ferrosos separados, é depositado em contentores e posteriormente enviado para compactar e enfardar.

O material contaminado ou não reciclável, que não foi triado na mesa de triagem, é designado de refugo (Tchobanoglous, 1993), segue num tapete até cair num contentor, sendo encaminhado posteriormente para deposição em Aterro, Figura 3-4.



Figura 3-4 Sequência da operação de carregamento do contentor, contendo refugo, para deposição em Aterro.

O material triado, quando em quantidade suficiente, é empurrado manualmente ou com auxílio do empilhador, para o tapete de alimentação da prensa/enfardadora que se encontra paralelamente às boxes de armazenamento de material triado (Tavares, 2004), Figura 3-5.



Figura 3-5 Enfardadora/compactadora dos materiais triados.

Os fardos são armazenados até que a quantidade existente seja suficiente para se efectuar um pedido de retoma à SPV, já que para realizar um pedido de retoma é necessário ter lotes mínimos para cada tipo de material (www.spvnet.net). Os valores mínimos para cada material encontram-se descritos na Tabela 3-1.

Tabela 3-1 Lotes mínimos para o pedido de retoma à SPV (Fonte: SPV, 2004).

Material	Quantidades mínimas de retoma
Vidro	25 ton
Papel/cartão	25 ton
Filme plástico	20 ton
PET	Ideal: 12 ton Aceitável: a partir de 6 ton (\approx 60 fardos)
HDPE	12 ton
PVC	12 ton
EPS	30 sacos (400-500 Kg)
Aço	4 ton
Alumínio	1 ton
Madeira	5 ton

3.3.3 EQUIPAMENTOS

As instalações, têm normalmente, três zonas de armazenamento: - armazenamento de recepção de resíduos provenientes da RSM, armazenamento dos resíduos triados (boxes), armazenamento de fardos (material a aguardar expedição). A ET encontra-se equipada com diversos equipamentos necessários ao processo operativo de triagem, tais como (Holdings, 2007):

- Empilhador;
- Tapete transportador de recepção (drag conveyor): junto ao qual o material é descarregado, sendo a sua alimentação efectuada com auxílio do empilhador;
- Tapete transportador inclinado de alimentação do sistema de triagem (belt conveyor): que se encontra no seguimento do transportador de recepção, garantindo a alimentação do tapete de linha de triagem;
- Sistema de triagem em plataforma: à cota de 3 metros acima do solo, composto por postos de triagem, onde os operadores separam manualmente do tapete de triagem os diferentes materiais e os enviam através de tremonhas laterais para as boxes separadores na base da plataforma;
- Separador electromagnético: garante a separação dos metais ferrosos;
- Tapete de alimentação da enfardadora/compactadora;
- Compactadora/Enfardadora;
- Quadro sinóptico da linha de triagem: colocado em local estratégico para visualização e controlo da ET.

3.3.4 CARACTERÍSTICAS DOS MATERIAIS TRIADOS

A tipologia de material que é triado (papel/cartão, plásticos e metais ferrosos e não ferrosos) na ET provém da recolha dos RSM dos ecopontos e ecocentros, e estes materiais são (Tchobanoglous, 1993):

- Papel/cartão de embalagem ou não e embalagens de bebidas *Tetra Brik*;
- Embalagens de PET (Polyethylene Terephthalate);
- Filme plástico de HDPE (High Density Polyethylene) e LDPE (Low Density Polyethylene);
- Embalagens de HDPE;
- Embalagens de PVC (Poly Vinyl Chloride);
- EPS (Expanded Polystyrene);
- Embalagens e filme de PP (Polypropylene).

3.4 TRANSPORTE

3.4.1 SERVIÇO DE RECOLHA

Em Portugal, os serviços de recolha de resíduos podem ser de titularidade estatal ou municipal. Relativamente à titularidade estatal, os modelos de gestão passíveis de serem utilizados são (Dolceta, 2010):

- Gestão directa do Estado;
- Delegação do Estado em terceira entidade;
- Concessão pelo Estado em terceira entidade, como sucede com os sistemas multimunicipais concessionados.

Nos casos de titularidade municipal, os modelos de gestão a serem utilizados são (Dolceta, 2010):

- Gestão directa do serviço pelo município, como é o caso dos serviços municipais e dos serviços municipalizados;
- Delegação do serviço em empresa constituída em parceria com o Estado;

- Delegação do serviço pelo município em entidade integrada no respectivo sector empresarial, a que correspondem as empresas criadas pelos municípios, ou em freguesias ou associações de utilizadores;
- Concessão do serviço pelo município em empresa, como sucede com todos os sistemas municipais concessionados;

Para o efeito de recolha, são necessários veículos de transporte condicionado, que obdeçam especificações técnicas impostas pelo Decreto-Lei nº 99/2005 de 21 de Junho, através da Directiva nº 96/53/CE, no âmbito da política comum dos transportes.

Actualmente em Portugal, o serviço de recolha é efectuado, maioritariamente, por veículos de sistema “Hook-lift”. O sistema continua a ser a melhor forma de deslocar grandes volumes e elevações pesadas de materiais de reciclagem (Figura 3-6). Segundo o Artigo 3º, Secção II, da mesma directiva, estes veículos são designados por “*Veículos a motor de transporte condicionado de dois ou mais eixos*”.



Figura 3-6 Veículo de recolha de resíduos, com sistema Hook-lift.

3.4.2 TRANSPORTE PARA AS RECICLADORAS

O transporte de resíduos enfardados fica a cargo das entidades recicladoras que se qualifiquem nos concursos promovidos pela SPV. As entidades que se pretendam qualificar para a prestação de serviços de retoma e valorização para reciclagem devem apresentar candidatura por tipo de material e especificar por sub-tipo de material no caso do Metal (aço, alumínio) e Plástico (filme, PEAD, PET, EPS, etc.).

O transporte dos materiais é feito por conjunto de veículo tractor-semi-reboque e é designado, segundo a Directiva nº 96/53/CE, por “*Automóvel pesado de mercadorias articulado de três ou mais eixos*” (Figura 3-7).



Figura 3-7 Veículo de caixa fechada para transporte de fardos de resíduos.

3.5 ELIMINAÇÃO

A eliminação é a operação que visa dar um destino final adequado aos materiais residuais da triagem (denominados de refugo) nos termos previstos na legislação em vigor, nomeadamente (DL 178/2006):

- Aterro controlado – operação de deposição de resíduos no solo, com o isolamento dos resíduos, onde decorre um processo biológico anaeróbio com libertação de biogás e líquidos de lixiviação;
- Incineração – operação de tratamento termoquímico a alta temperatura tendo como objectivo a eliminação dos resíduos eventualmente com algum aproveitamento de energia;

4 ANÁLISE CICLO DE VIDA (ACV)

A Análise de Ciclo de Vida (ACV) é um instrumento da gestão ambiental que permite compilar os fluxos materiais de entrada e saída, avaliando os potenciais impactes ambientais associados a um produto/processo ao longo de todo o seu ciclo de vida (ISO 14040:1997), pelo que é também um importante instrumento de apoio à tomada de decisões em diversas áreas como: inovação, regulamentação (industrial, ambiental), estratégias e políticas (Curran, 2006).

O conceito de ciclo de vida tem-se estendido para além de um simples método para comparar produtos, sendo actualmente visto como parte essencial para conseguir objectivos mais abrangentes, tais como sustentabilidade (Ferreira, 2004).

O ciclo de vida inclui todos os estados consecutivos e interligados de um produto/processo, desde a extracção das matérias-primas ou transformação de recursos materiais, até à deposição final no ambiente ou seja desde o “berço” ao “túmulo” (ISO 14040:1997), ver Figura 4-1.

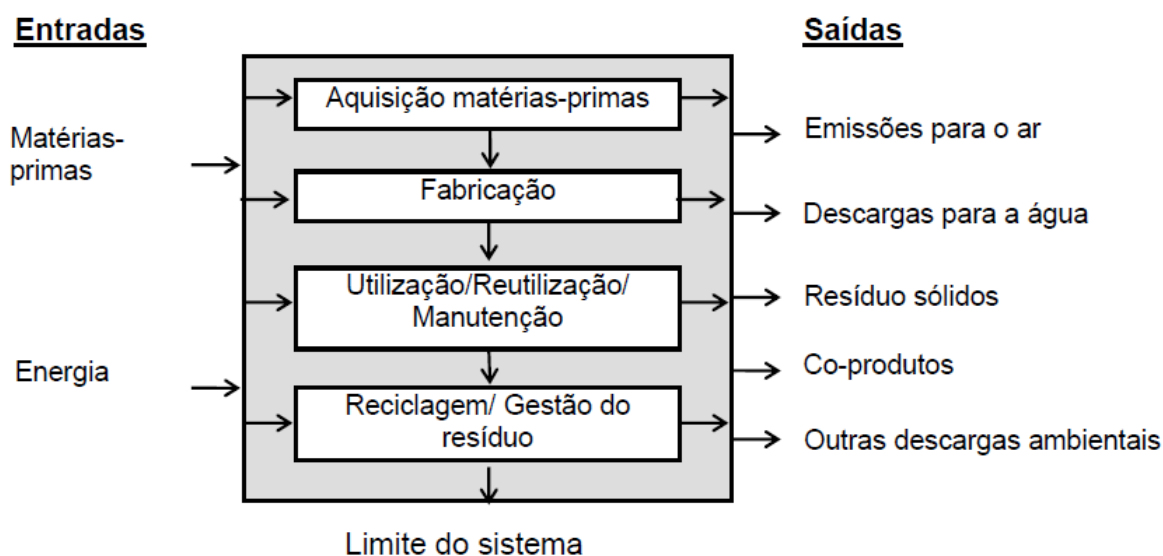


Figura 4-1 Estágios do ciclo de vida do produto (Fonte: Ferreira, 2004).

Num ACV os impactos são definidos como as consequências que poderiam ser causadas pela entrada e saída de fluxos de um sistema para a saúde humana, plantas e animais, ou a utilização de recursos naturais. O Anexo A mostra algumas das categorias de impacto mais comumente usadas.

O objectivo da ACV aplicada à gestão de resíduos é o de determinar os impactes ambientais associados às diferentes operações de gestão, nomeadamente: recolha, transporte, tratamento, seguido de valorização material ou energética e finalmente eliminação (BSI, 2008). A aplicação desta ferramenta é geralmente conduzida sobre cenários de gestão e os resultados devem ser entendidos de uma forma comparada. A elaboração destes cenários de gestão para os RSU é condicionada por objectivos que estão fixados no âmbito da legislação nacional e europeia.

4.1 BENEFÍCIOS DE UM ESTUDO ACV

Um estudo ACV contém dados que pode ajudar os responsáveis pela tomada de decisões na selecção de produtos ou processos que resultem num menor impacte para o ambiente.

A ACV é uma metodologia que permite identificar a transferência de impactes ambientais de um meio para o outro (por exemplo, a eliminação de emissões atmosféricas pode ser feita à custa do aumento das emissões de efluentes líquidos), e/ou de um estágio de ciclo de vida para o outro.

Na elaboração de um estudo ACV, é possível (USEPA, 2001):

- Desenvolver um sistema de avaliação das consequências ambientais associadas com um dado produto;
- Analisar balanços ambientais associados a um ou mais produtos/processos específicos de modo a que os visados (estado, comunidade, etc.) aceitem uma acção planeada;
- Quantificar descargas ambientais para a água, solo e ar relativamente a cada estágio do ciclo de vida e/ou processos que mais contribuem;
- Avaliar efeitos humanos e ecológicos do consumo de materiais e descargas ambientais para a população local, regional ou global;
- Comparar impactos ecológicos e de saúde humana entre dois ou mais produtos/processos rivais ou identificar os impactes de um produto ou processo específico;
- Identificar impactes em uma ou mais áreas ambientais específicas de interesse.

4.2 LIMITAÇÕES DE UM ESTUDO ACV

A elaboração de um estudo ACV necessita, por regra geral, de muitos recursos e arrasta-se por muito tempo. Desse modo, os recursos financeiros deverão ser balanceados com os benefícios previsíveis do estudo (USEPA, 2001).

O estudo ACV não determina qual produto ou processo é o mais caro ou funciona melhor (Ferreira, 2004). Por isso, a informação adquirida na ACV deve ser utilizada como uma componente de um processo de decisão que conta com outras componentes, tais como, o custo e o desempenho (Curran, 2006).

4.3 PEGADA DE CARBONO

A Pegada de Carbono (Carbon Footprint) é uma metodologia de avaliação de impactes ambientais, utilizada para descrever a quantidade de emissões gasosas com efeito de estufa (GHG), em termos de massa de dióxido de carbono equivalente (CO_{2eq}), ocasionadas por um produto, processo ou serviço, ao longo do seu ciclo de vida, até um determinado instante do seu ciclo de vida (BSI, 2008).

A Pegada de Carbono considera todos os gases de efeito de estufa do Protocolo de Quioto: dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), hidrofluorcarbonetos (HFC), Perfluorocarbonetos (PFCs) e hexafluoreto de enxofre (SF_6), entre outros. A medida da Pegada de Carbono revela o potencial de aquecimento global (relativamente às alterações climáticas). O CO_{2eq} é calculado multiplicando-se as emissões de cada um dos gases de efeito de estufa, considerados, pelo seu potencial de aquecimento global (GWP) (Curran, 2006).

Além do mais, é necessário diferenciar diferentes origens para a emissão de CO_2 , das quais se podem evidenciar:

- a) Aplicação directa ou indirecta dos combustíveis fósseis, traduzindo-se no aumento efectivo da concentração de CO_2 na atmosfera;
- b) Utilização de recursos energéticos renováveis;
- c) Uso de materiais reciclados;
- d) Fixação de CO_2 em biomassa (num curto prazo reduz a concentração de CO_2 na atmosfera).

4.3.1 *INTERESSE DA METODOLOGIA*

O cálculo da pegada de carbono de produtos, serviços ou processos, em todo o seu ciclo de vida, possibilita às empresas/organizações, eficazmente, o conhecimento de informação necessária para (BSI, 2008):

- a) Provar responsabilidade ambiental;
- b) Reconhecer oportunidades na poupança de custos;
- c) Diferenciar e atender à procura de “consumidores verdes”.
- d) Reduzir as emissões GHG;
- e) Associar o impacto das emissões para a tomada de decisão em relação a fornecedores, materiais, processos de fabrico, etc.;
- f) Satisfazer exigências dos clientes para obter informações sobre a pegada de carbono do produto;
- g) Cálculo da pegada de carbono do produto da organização.

4.3.2 *NORMAS PARA A QUANTIFICAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO*

A quantificação dos gases de efeito estufa relacionada ao ciclo de vida de produtos, serviços ou processos, é uma das medidas de impacto ambiental incluída na norma internacional NP EN ISO 14040.

A BSI British Standards, co-patrocinada pela Carbon Trust e o Departamento de Ambiente, Alimentação e Assuntos Rurais (DEFRA), do Reino Unido, desenvolveu uma especificação disponível publicamente para a avaliação do ciclo de vida com vista às emissões GHG designada de PAS 2050 (Publicly Available Specification), ou normalmente denominada por “Carbon Footprint” (BSI, 2008).

Esta especificação não considera qualquer outro impacto ambiental, social ou económico (ex: padrão de trabalho, uso da água, custos, biodiversidade ou outros impactos). A fronteira do sistema de ciclo de vida deve também excluir as emissões de GHG associadas com entradas de energia humana e/ou pré-processamento (ex: se o legume é colhido à mão, em vez de máquinas) e prestação de serviços de transporte animal (BSI, 2008). Contudo algumas actividades que alteram o uso do solo, tais como, desflorestação para realizar a agricultura, devem ser consideradas para efeito do cálculo da pegada de carbono (Curran, 2006).

PAS 2050 é considerado um “padrão independente”, e foi desenvolvido por peritos internacionais agregados a universidades, empresas, governos e organizações não-

governamentais (ONG) através de consultas formais e vários grupos de trabalho técnicos. A especificação PAS 2050 oferece inúmeros benefícios, tais como (BSI, 2008):

- a) Para companhias, pode proporcionar:
 - i. Avaliação interna do ciclo de vida de um produto através das emissões GHG;
 - ii. Um ponto de referência para medir e comunicar a redução de emissões;
 - iii. Suporte para a comparação das emissões GHG do produto através de um reconhecimento comum e abordagem normalizada;
 - iv. Suporte para relatórios de responsabilidade corporativa;
- b) Para clientes (caso a pegada do produto seja comunicada pela empresa), pode fornecer:
 - i. Confiança na análise do ciclo de vida das emissões GHG de um produto baseado num método robusto e normalizado;
 - ii. Maior compreensão de como a decisão da compra de um produto afecta as emissões de GHG.

4.3.3 *DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTO DE INVENTÁRIO DE GHG*

Para se proceder ao inventário das emissões GHG, a metodologia PAS 250 define os seguintes seis passos: definição dos objectos do estudo, escolha do produto, definição da unidade funcional, definição do produto, definição das fronteiras do estudo e dados de inventário (BSI, 2008).

4.3.4 *DEFINIÇÃO DOS OBJECTIVOS DO ESTUDO*

Os objectivos do estudo condicionam não só a profundidade mas também a extensão do procedimento. São definidos dois casos de análise, designados normalmente por “cradle to grave” e “cradle to gate”.

No primeiro caso (Figura 4-2), destinado ao consumidor (B2C), a avaliação inclui os materiais em bruto da natureza, processos de transformação, distribuição e retalho, uso pelo consumidor e valorização ou eliminação dos resíduos (BSI, 2008).



Figura 4-2 Etapas do mapa processual destinadas ao consumidor (Fonte: PAS 2050, 2008).

No segundo caso (Figura 4-3), destinado à área das empresas (B2B), a avaliação inclui os processos de transformação até à entrega ao cliente. São considerados os materiais em bruto da natureza, transporte e distribuição, com excepção de todos os processos subsequentes, particularmente distribuição final, uso pelos consumidores e valorização ou eliminação (BSI, 2008).



Figura 4-3 Etapas do mapa processual destinadas à área das empresas (Fonte: PAS 2050, 2008).

A escolha do produto é feita com base nos objectivos do projecto. Os critérios de selecção são baseados no número, tipologia e dimensão unitária dos produtos a considerar, fazendo referência também às seguintes questões:

- a) Quais os produtos a oferecer maiores oportunidades de redução de emissões;
- b) Que produtos importam considerar numa perspectiva de mercado, com base nas características que os diferenciam e competitividade;
- c) O impacto que podem apresentar sobre as “stakeholders” (fileiras produtivas);
- d) Métodos de distribuição, fabrico e empacotamento;
- e) Tempo e recursos disponíveis;
- f) Entre outros.

O presente trabalho tem como objectivo aplicar a metodologia de ACV, através do cálculo da pegada de carbono, à gestão de resíduos de recolha selectiva multimaterial (RSM) para um sistema de gestão centralizado (sistema actual) de RU e descentralizado (Small is beautiful) numa perspectiva comparada, com a utilização de dois casos de estudo: município de Ílhavo e município de Arouca.

O procedimento para o cálculo da pegada de carbono vem mencionado nas secções seguintes.

4.3.5 *DEFINIÇÃO DA UNIDADE FUNCIONAL*

A unidade funcional deve ser uma unidade que seja facilmente compreendida e usada por outros, e a sua escolha é essencial pois determina a base de trabalho para a análise comparada.

A unidade funcional que foi considerada adequada, para os fins deste estudo, é uma tonelada de RSM nos contentores dos ecopontos.

4.3.6 *DEFINIÇÃO DO PRODUTO*

A definição do produto tem por meta identificar os materiais, actividades e processos que integram o ciclo de vida do produto. Na primeira fase, o estudo deve ser direccionado para as componentes mais importantes, identificando os processos que contribuam para o fabrico, armazenamento e transporte (Hischier, 2002). Na segunda fase, é essencial aprofundar o conhecimento de alguns componentes do produto, com base no desenvolvimento do estudo.

4.3.7 *DEFINIÇÃO DAS FRONTEIRAS DO ESTUDO*

As fronteiras do estudo definem a exactidão, extensão e profundidade do trabalho ou seja que estágios, entradas e saídas devem ser incorporados na avaliação. As fronteiras do sistema devem incluir todas as emissões significativas produzidas de forma directa/indirecta pelo produto a ser produzido, pelo uso do produto e pela valorização ou eliminação.

Para uma melhor adaptação aos interesses do estudo pretendido, a abordagem considerada é do tipo B2B (from Business to business). Por outras palavras, o inventário de recursos e emissões é efectuado desde a recolha dos resíduos até à entrega nas entidades recicladoras e inclui a eliminação final do refugo em aterro controlado.

4.3.8 *CÁLCULO DA PEGADA DE CARBONO*

O cálculo da pegada de carbono tem especial interesse nos gases de efeito de estufa que são captados e produzidos durante todo o processo produtivo, que resultam do uso directo de combustíveis fósseis no processo e indirecto, podendo este ser associado, por exemplo, ao fabrico de maquinaria, pois correspondem com uma efectiva contribuição

para o aumento de CO₂ da atmosfera. Relativamente aos processos biológicos tem grande interesse a emissão de CH₄ e N₂O.

Existem cinco etapas para o cálculo da pegada de carbono de qualquer produto, serviço ou processo, podendo estas ser resumidas por (BSI, 2008):

- 1) Construir um mapa do processo (fluxograma) e contabilizar as diferentes utilizações de recursos ambientais e tecnológicos, desde as matérias-primas (B2B – from cradle to gate) até à eliminação ou disposição final (B2C – from cradle to grave), incluindo os fluxos de todos os materiais, energia e resíduos;
- 2) Verificar limites e elaborar cálculos prévios de pegada de carbono, para auxiliar a localizar os processos mais importantes e dar prioridade aos esforços de pesquisa de informação;
- 3) Quantificar as quantidades de material, actividades e factores de emissão em todas as fases do ciclo de vida;
- 4) Calcular a pegada de carbono;
- 5) Avaliar a precisão da análise da pegada (opcional).

O cálculo da pegada de carbono parte do modelo operacional de caracterização do processo produtivo global, relativamente às componentes processuais, seguida da identificação e descrição dos componentes, com recurso ao inventário de ciclo de vida dada a partir do Ecoinvent.

Para o processo global a pegada de carbono (PC) [kg CO₂eq.ton RSM⁻¹] é dada por (Matos, 2009),

$$PC \left[\text{kg CO}_{2\text{eq}} \cdot \text{ton RSM}^{-1} \right] = \sum g_k P_k \quad (\text{Equação 4.1})$$

com g_k a representar o coeficiente tecnológico relativo ao componente processual k (ex. ton vidro/ton RSM) no processo global, e P_k a pegada de carbono de cada componente processual k (kg CO₂eq). A pegada de carbono de cada componente processual k é dada por (Matos, 2009),

$$P_k \left[\text{kg CO}_{2\text{eq}} \cdot \text{ton RSM}^{-1} \right] = \sum x_{jk} \sum f_{ij} \text{GWP}_i \quad (\text{Equação 4.2})$$

com x_{jk} a representar os coeficientes tecnológicos relativos ao uso de recursos tecnológicos ou naturais j necessários ao processo k (exemplos: | ton vidro | vkm de transporte | kWh electricidade | / | ton RSM) determinados tendo em conta as

especificidades do processo global, em que f_{ij} são os coeficientes de inventário de ciclo de vida que reportam o uso de recursos naturais e as emissões para o ar, a água e o solo da natureza i que resultam da produção do bem tecnológico j (exemplos: | kg CO₂ | kg N₂O | kg petróleo bruto | MJ calor | m³ ar | m² solo | / | ton vidro | vkm de transporte | kWh electricidade |) determinados por recurso ao inventário de ciclo de vida através da base de dados Ecolnvent; GWP_i é o potencial de aquecimento global de certas emissões relativo ao uso de recursos naturais (resultante da conversão de solo florestal para solo agrícola ou eventualmente da destruição de solo para a construção de auto-estradas) ou da emissão de gases com efeito de estufa (kg CO₂eq.kg GEE_i⁻¹) (utilização de combustíveis fósseis, emissão de metano em processos tecnológicos, uso de fertilizantes químicos, etc.), definidos de acordo com o IPCC.

4.3.9 DADOS DE INVENTÁRIO

Nesta etapa dá-se início ao cálculo do inventário das diferentes contribuições ambientais que daí resultam (Figura 4-4). O resultado final que resulta da acumulação e ponderação das diferentes intervenções ambientais constitui a análise de ciclo de vida, podendo estas ser calculadas a partir de bases de dados de processos relativos ao fornecimento de energia, produção de materiais tecnológicos, transporte, gestão de resíduos, entre outros.

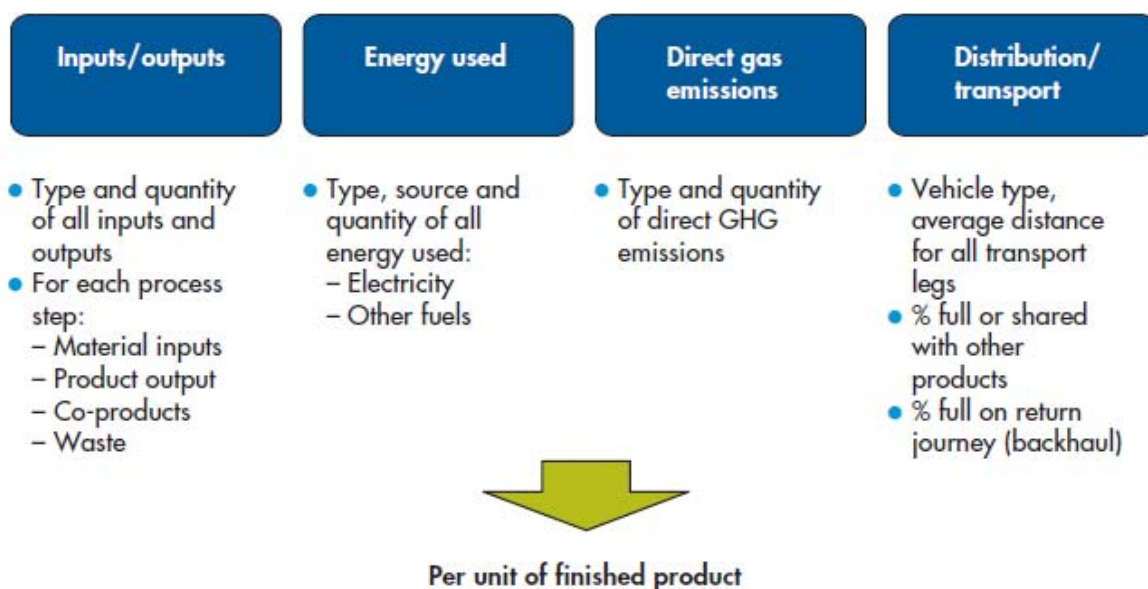


Figura 4-4 Recursos e emissões relativas ao inventário de ciclo de vida. (Fonte: PAS 2050, 2008)

Para a gestão dos resíduos da recolha selectiva é necessária a utilização de recursos, tais como transportes (camiões, empilhadores), energia (electricidade, combustíveis, etc.), matérias-primas (arame de aço) no âmbito do processo global. Durante o processo ocorrem emissões para a atmosfera, água e solo e são gerados resíduos.

Antes da análise de inventário e depois de estabelecidos os processos intermédios no ciclo de vida, é necessário estabelecer os dados de processo que têm a ver com cada caso de estudo/cenário (distâncias, quantidades de resíduos, equipamentos e respectivas potências, materiais auxiliares, etc.).

A informação que diz respeito à descrição do processo global, é nomeadamente: utilização de electricidade nos processos identificados, localização dos diferentes processos, capacidade de transporte dos veículos envolvidos e fracções mássicas dos resíduos. De um modo geral esta informação foi obtida a partir dos processos em estudo, de acordo com o caso de estudo considerado.

Em relação à quantidade de resíduos recolhidos e distâncias dos ecopontos à ET, a informação utilizada foi obtida a partir dos dados disponíveis no site da ERSUC, para o ano 2008.

Na ausência de informação específica, várias situações foram resolvidas por aproximação ou estimativa. Não tendo sido possível obter informação relativa às unidades de processamento utilizadas na ET da ERSUC, localizada no Aterro de Aveiro, foi utilizado como referência os manuais para construção de ET's.

Para o cálculo da pegada de carbono é fundamental estabelecer a relação entre a unidade funcional de cada processo específico e a unidade funcional do produto de referência (ex: ton vidro recolhido/ ton RSM).

Para tornar exequível o estudo teve de recorrer-se à base de dados de processos, nomeadamente a que foi usada no seguinte trabalho Ecoinvent v2.1 (com acesso em <http://www.ecoinvent.org/>, sob licença de utilização). A utilização de recursos e a emissões que decorrem dos processos, como por exemplo a operação dos veículos de transporte e utilização de electricidade, exige informação adicional que é fornecida pelo Ecoinvent.

A referência, o descritivo e a pegada de carbono dos processos seleccionados a partir da base de dados Ecoinvent podem ser visualizados no Anexo B. Todos os processos utilizados têm especificidade em relação à origem (país), podendo ter condicionado os resultados finais.

Os impactos ambientais resultantes da construção e desmantelamento das infra-estruturas (ET) não foram considerados nos processos, porque quando comparados com o funcionamento das infra-estruturas em si, são geralmente de pouca importância (Hischier, 2002).

4.3.10 *BASES DE DADOS (PROCESS RAW DATA FILES)*

Os fluxos foram obtidos através de processos escolhidos e considerados apropriados à situação, a partir do IPCC e base de dados do ECOINVENT v2.1 (2009), para os diferentes cenários. Esta possui uma lista de 4000 processos, podendo estes descrever a produção de bens tecnológicos ou utilização de recursos naturais, que o utilizador pode considerar no seu estudo (Frischknecht, 2005). Cada processo aparece descrito sob a forma de ficha (raw data file), apresenta um número específico (que o identifica o processo na base de dados), obedecendo a um modelo apropriado de especificações relativamente ao conteúdo e à forma (em formato xml), a partir do site Ecoinvent, acessível aos utilizadores registados.

4.3.11 *INVENTÁRIO (LCI)*

O Ecoinvent permite aceder ao inventário de ciclo de vida (LCI) para um determinado conjunto de processos (actualmente cerca de 4000), em diferentes áreas, nomeadamente: agricultura, transportes, produção de energia, gestão de resíduos, etc., isto é, os bens tecnológicos são convertidos em incidências ambientais ou seja utilização de recursos naturais e emissões. O inventário de emissões é obtido sob o formato xml incluindo os gases com efeito de estufa (GHG).

Os valores referidos são conhecidos como factores de emissão e podem ser expressos como, por exemplo, kg de CO₂/ (unidade, vkm, ton, kWh, etc.).

4.3.12 *DESCRIÇÃO GERAL DO PROCESSO GLOBAL*

A análise do processo global da unidade funcional escolhida mostra que tem início com a recolha dos RSM, operações de separação na ET, transporte dos fardos para as entidades recicladoras e por fim a eliminação do refugo para Aterro. A Figura 4-5 ilustra o conjunto de processos considerados que posteriormente serão detalhados mais adiante.



Figura 4-5 Conjunto de processos admitidos na gestão de RSM no presente trabalho.

5 CENÁRIO 1 – GESTÃO ACTUAL DE RSM PARA O MUNICÍPIO DE ÍLHAVO E AROUCA

5.1 PROCESSO GLOBAL

O processo engloba o conjunto de operações necessárias que tem início na operação de recolha de RSM nos contentores dos ecopontos no município de Ílhavo e Arouca, operações de separação dos resíduos na Estação de Triagem, que se localiza no Aterro de Aveiro, transporte dos fardos para as entidades licenciadas para a reciclagem, no ano 2008, e disposição final dos resíduos contaminados (refugo) para aterro. O modelo de gestão dos RSM, para este cenário, corresponde a um sistema centralizado.

As secções seguintes descrevem o procedimento, especificações e resultados da pegada de carbono relativos a cada operação prevista no procedimento global.

5.2 SERVIÇOS DE RECOLHA E TRANSPORTE

Os esforços de recolha e transporte às recicladoras dizem respeito à utilização de recursos e emissões resultantes da actividade de transporte dos RSM. No que concerne à recolha dos resíduos nos ecopontos até à ET, foi utilizada uma distância equivalente, adquirida no site da ERSUC, em resultado das distâncias percorridas para a recolha dos ecopontos no município e posterior encaminhamento para a ET, referente aos casos de estudos.

Relativamente à entrega nas entidades recicladoras, foi determinada uma distância média equivalente entre a localização exacta da ET e recicladoras, estabelecida com a ajuda de um programa disponível na Internet de ajuda ao estabelecimento de percursos (<http://www.viamichelin.com/web/Routes>). As entidades recicladoras, que em 2008, foram pré-qualificadas para os concursos dos diversos materiais foram obtidas através da SPV, ver Anexo C.

Para a determinação do volume de resíduos admissível a transportar, quer no serviço de recolha quer no transporte dos fardos, foi necessário interligar a informação adquirida pelo Ecoinvent relativamente às classes de veículos, e especificações técnicas admitidas por lei, pela Directiva nº 96/53/CE, para estabelecer os processos, ligados ao transporte, que melhor se adequam ao presente trabalho (Tabela 5-1).

Tabela 5-1 Especificações técnicas admitidas pela Directa nº96/53/CE, para as classes de veículos que figuram a base de dados do Ecoinvent. (Fonte: Adaptado de Spielman, 2007).

Tipo de veículo	PBT (Classes) [ton]	Localização	Carga admissível [ton]	Nº eixos	Dimensões máximas admitidas por lei		
					Comprimento	Altura	Largura
Lorry	3,5-20	CH	2,90	2	12	4,00	2,55-2,60
	20-28	CH	5,80	2-3	16,5		
	>28	CH	9,80	≥4	18,75		
	3,5-7,5	RER	5,00	2	12		
	7,5-16	RER	7,50	2	12		
	16-32	RER	10,00	≥2	16,5-18,75		
	>32	RER	18,00	≥4	18,75		
	3,5-16	RER	6,41	2	12		
>16	RER	15,07	≥2	12-18,75			

Para o cálculo do volume máximo de resíduos admissível no semi-reboque dos veículos re recolha e transporte, foi necessário especificar as dimensões da carga, ver Anexo G. Para o efeito é utilizado o modelo P270 (utilizado pela ERSUC) para o serviço de recolha e modelo P310 para o transporte dos fardos, da marca Scania (Tabela 5-2), consequentemente foram consideradas as classes PBT (3,5-16ton) e (20-28ton), respectivamente.

Tabela 5-2 Especificações técnicas dos modelos P270 e P310 da Scania (Fonte:www.scania.pt)

Especificações técnicas	Unidades	Modelo	
		P270	P310
Largura do chassis	m	2,60	2,60
Altura do veículo	m	3,00	3,50
Altura do contentor (carga)	m	1,91	2,60
Distância entre a retaguarda do veículo e a parte dianteira do semi-reboque	m	7,85	10,41
Distância entre o eixo da cavilha de engate e a retaguarda do semi-reboque	m	6,11	8,61
Capacidade volumétrica admissível (carga)	m ³	30,34	58,20
Peso bruto total (PBT)	ton	16	28

Para cada trajecto a realizar, o esforço de transporte (intensidade da actividade) utilizado neste trabalho é dado em termos de veículo.kilómetro (vkm)/ton RSM.

$$d_r \left[\text{vkm.ton RSM}^{-1} \right] = \frac{d}{0,4c_p} \quad \text{im} \quad \text{(Equação 5.1)}$$

As densidades dos resíduos nos contentores (ecopontos), em Portugal, foram obtidas segundo Martinho *et al.* (2002), e estão representadas na Tabela 5-3. As densidades dos fardos de resíduos após compactação foram adaptadas de Tchobanoglous *et al.* (1993), e podem ser visualizados na Tabela 5-4.

Segundo Spielman *et al.* (2007), no percurso de ida e volta do veículo transportador, para efeitos de cálculo só deve ser considerado 40% da carga total.

Tabela 5-3 Densidade dos resíduos nos ecopontos, em Portugal (Fonte: Adaptado de Martinho, 2002).

Resíduos nos ecopontos	ρ_{iR} [ton.m ⁻³]
Vidro	0,20
Papel/Cartão	0,12
Embalagens	0,10

Tabela 5-4 Densidade dos fardos de resíduos (Fonte: Adaptado de Tchobanoglous, 1993).

Fardos de resíduos	ρ_{iF} [ton.m ⁻³]
Papel/Cartão	0,51
Embalagens de Plásticos mistos	0,45
Embalagens de Alumínio	0,48
Embalagens de Metais Ferrosos	0,72

O esforço de transporte dos resíduos para as recicladoras é dado por

$$d_T [\text{vkm.ton RSM}^{-1}] = \frac{2d}{0,4\rho_{iF}} \quad iM \quad (\text{Equação 5.2})$$

A Equação 5.1 reflecte o esforço de transporte relativo aos diferentes tipos de resíduos recolhidos *i*, com *i*=vidro, papel/cartão, embalagens, já a equação 5.2 é relativa aos resíduos triados *i* na ET, com *i*=vidro, papel/cartão, plástico, embalagens de alumínio, embalagens de metais ferrosos.

Por sua vez o serviço de empilhador intrínseco à ET, equação 5.3, é dado por

$$d_E [\text{vkm.ton RSM}^{-1}] = \frac{F_a H_T C_d E_q}{C_T} \quad (\text{Equação 5.3})$$

5.3 SISTEMAS DE SEPARAÇÃO INCORPORADOS NA ET

Os processos de separação e sistemas de separação numa ET são influenciados pelas exigências do mercado, características dos resíduos e factores económicos associados com a separação, processamento, transporte e dimensão, como foi mencionado anteriormente. A estes factores também se apresenta a quantidade total de RSM e a fracção mássica dos diferentes materiais, tendo um efeito decisivo sobre os métodos utilizados para recuperação e processamento, incorporados na ET.

O sistema de separação escolhido para este trabalho teve em atenção as seguintes variáveis: - Quantidade de resíduos recolhidos pela ERSUC, para a ET localizada em Aveiro, no ano 2008 (Tabela 5-5); - Quantidade de resíduos triados, no mesmo local e ano, enviados para as entidades recicladoras (Tabela 5-6); - Tempo de operação da ET; - Processos de separação de baixa tecnologia.

A produção de resíduos da recolha selectiva dos municípios de Ílhavo e Arouca não foi considerada para o presente cenário, porque aquando da chegada à ET, os resíduos são tratados/separados em conjunto, sendo assim, é admitido para o estudo a produção total de resíduos recolhidos selectivamente pela ERSUC, pólo Baixo-Vouga.

Tabela 5-5 Quantidade de resíduos da recolha selectiva enviados para triagem na ET, localizada em Aveiro, em 2008 (Fonte: www.ersuc.pt).

Material	Produção [ton.ano ⁻¹]	ω_{iM} [ton i.ton RSM ⁻¹]
Vidro	15936	0,49
Papel/Cartão	12073	0,37
Plástico	3945	0,13
Metais Ferrosos	378	
Alumínio (RS)	11,6	
Total	32344	1,00

Tabela 5-6 Quantidade de resíduos triados na ET de Aveiro, enviados para reciclagem (indústria recicladora), pela SPV, em 2008 (Fonte: www.spvnet.net).

Material	Produção [ton.ano ⁻¹]	ω_{iM} [ton i.ton RSM ⁻¹]
Vidro	15911,1	0,68
Papel/Cartão	4943,9	0,21
Plástico	2185,5	0,11
Metais Ferrosos	349,9	
Alumínio (RS)	11,2	
Total	23401,6	1,00

A eficiência de separação dos diferentes materiais, na ET, foi obtida através da informação disponibilizada pela SPV (www.spvnet.net) e está representada na Tabela 5-7.

Tabela 5-7 Eficiência de separação dos resíduos recicláveis na ET de Aveiro, em 2008.

Material	η (Eficiência de separação) [%]
Papel/Cartão	41,0
Plástico	55,4
Metais Ferrosos	92,6
Alumínio (RS)	96,6

Não tendo sido obtidas informações, relativamente ao horário de operação da ET de Aveiro e sistemas de separação, com o objectivo de determinar o balanço mássico do sistema e cálculo dos consumos energéticos, foram assumidos valores padrão com base no livro *Material Recovery Facilities for Municipal Solid Waste*, da EPA (EPA, 1991). A ET foi planeada para operar 52 semanas por ano, 5 dias por semana, ou 260 dias por ano. O horário de laboração é de 8h por dia.

Apesar dos resíduos de vidro serem encaminhados para a ET, estes não são sujeitos a operações de separação, não sendo assim assumidos no balanço mássico do sistema de separação.

A partir dos dados disponibilizados no site da ERSUC, relativamente à quantidade de papel/cartão e embalagens, e valores assumidos para o horário de laboração, a quantidade de resíduos processados é dada por

$$\frac{16408 \text{ [ton.ano}^{-1}\text{]}}{260 \text{ [d.ano}^{-1}\text{]}} \approx 63,11 \text{ ton.d}^{-1} \text{ RSM processados na ET}$$

Com esta informação foi calculado o balanço mássico para o sistema, que pode ser visualizado na Figura 5-1.

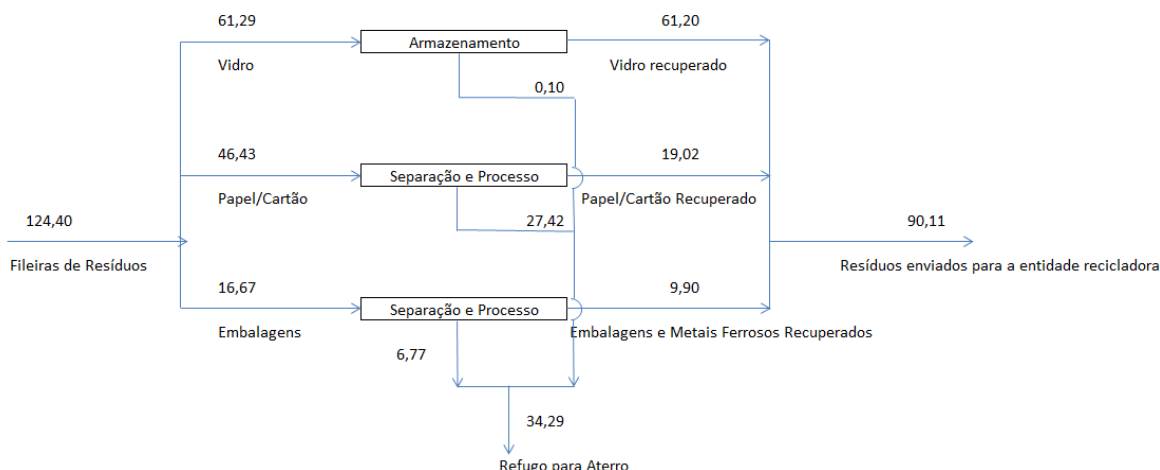


Figura 5-1 Resumo do diagrama e balanço mássico do sistema (ton.dia⁻¹), na ET.

Segundo a metodologia utilizada no manual (Dubanowitz, 2000), a ET tem dimensões médias (<100 ton.d⁻¹) e possui linhas de triagem manual, separador magnético para resíduos de embalagens de metais ferrosos, tapetes horizontais e verticais (drag & belt conveyors) e compactores/enfardadores no final da linha de triagem.

A linha de triagem é usada para os resíduos de papel/cartão e embalagens. A linha é operada em duas fases, numa é utilizada todos os sistemas de separação, sendo esta atribuída às embalagens, onde é feita inicialmente a separação das embalagens de metais ferrosos e de seguida a triagem manual, onde são triados as embalagens PET, PVC, PEAD, embalagens de alumínio e filmes plásticos, ver Figura 5-2.

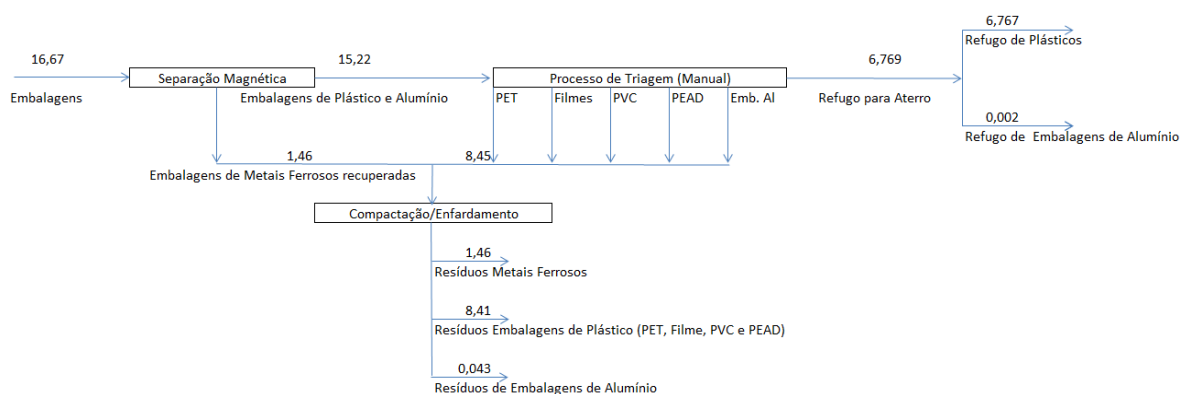


Figura 5-2 Diagrama e balanço mássico da fileira das embalagens (ton.dia⁻¹), na ET.

Na outra, o sistema de separação não opera com o separador magnético e não é feita a separação do papel e cartão, visto não se mostrarem, actualmente, lucráveis a sua venda em separado, no mercado dos resíduos, ver Figura 5-3.

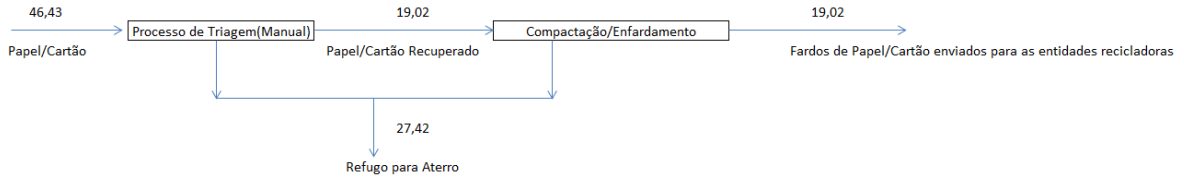


Figura 5-3 Diagrama e balanço mássico da fileira do papel/cartão (ton.dia⁻¹), na ET.

No que diz respeito aos equipamentos que integram o sistema, foram atribuídos valores para a potência e capacidade de processamento, tendo em conta as especificações de equipamentos, com base em fornecedores, para estações de triagem, que se aproximam da ET de Aveiro, ver Tabela 5-8.

Tabela 5-8 Características dos equipamentos do sistema de TFM

Equipamentos	P _e [kW]	S _m [ton RSM.h ⁻¹]
Tapete transportador inclinado	4,0	8,0
Separador magnético	1,5	6,2
Tapete transportador horizontal	3,2	9,6
Compactador/ Enfardador	75	4,5

Com vista a determinar o consumo energético da ET em termos de kWh.ton RSM⁻¹, é utilizada neste trabalho a equação dada por

$$CE_{ET} \left[\text{kWh.ton RSM}^{-1} \right] = \sum_i^h CE_{Epi} \quad (\text{Equação 5.4})$$

com o consumo energético do equipamento *i*, com *i*=tapete vertical, separador magnético, tapete horizontal e compactador/enfardador, a ser dado por,

$$CE_{Epi} \left[\text{kWh.ton RSM}^{-1} \right] = \frac{P_e}{S_m} \quad (\text{Equação 5.5})$$

Nota: Não foram considerados, para o cálculo do consumo energético da ET, o sistema de iluminação.

O refugo para cada tipo de resíduos, relativamente aos RSM, tem em conta a eficiência de separação na linha de triagem e a fracção mássica destes, sendo dado por

$$\omega_{RM} \left[\text{ton } i_{\text{recolhido}} \cdot \text{ton RSM}^{-1} \right] = \left(1 - \frac{\eta_i}{100} \right) \omega_{iM} \quad (\text{Equação 5.6})$$

Nota: η_i é dada na tabela 5-5.

5.4 MODELO DE GESTÃO DE RSM PARA SISTEMA CENTRALIZADO

O processo global é intitulado por modelo de gestão de RSM para sistema centralizado e tem associado o número de processo 21000. Os sub-processos 21100, 21200 e 21300 dizem respeito às operações de recolha, processos de triagem/transporte para as recicladoras e disposição final em aterro, respectivamente.

O processo pelo qual são sujeitos os RSM passa pela operação de recolha dos RSM nos municípios de Ílhavo e Arouca até à ET, localizada no aterro de Aveiro. Na ET são submetidos os resíduos de todos os municípios pertencentes ao pólo Baixo-Vouga.

Na ET os RSM são sujeitos a um processo de triagem e compactação, seguido do seu armazenamento para posterior envio às recicladoras. Os RSM à entrada da ET são classificados por: vidro, papel/cartão e embalagens, e à saída são classificados por: vidro, papel/cartão (fardo), plástico (fardo), alumínio (fardo), metais ferrosos (fardo).

Após as operações na ET os resíduos são enviados para as entidades recicladoras licenciadas para a reciclagem de cada material. Não foi possível obter a eficiência de separação para os diferentes tipos de plástico (PET, PEAD, EPS e Filme Plástico) sendo assim foi atribuída uma única entidade para a reciclagem de todos estes materiais plásticos.

Para o processo 21100, é feita a determinação do ICV e pegada de carbono para os municípios de Ílhavo e Arouca, quanto aos processos 21200 e 21300 a determinação do cálculo tem por base os mesmos valores absolutos, porque à entrada da ET os processos têm por base o total de RSM produzidos no pólo Baixo-Vouga, sendo assim o ICV e pegada de carbono contêm o mesmo valor para os dois municípios.

Os dados utilizados para o cálculo da pegada de carbono do processo global podem ser visualizados no Anexo D.

A fronteira do processo global vem dada pela Tabela 5-9.

Tabela 5-9 Descrição geral e fronteira do processo global (21000)

	includedProcesses	generalComment
21000	Inclui todos os processos envolvidos na gestão dos RSM referentes ao município de Ílhavo e Arouca. A fronteira do sistema é a eliminação do refugo em aterro.	O inventário refere-se à gestão de 1 ton de RSM em Ílhavo e Arouca, referente a um sistema centralizado.

O conjunto de processos considerados na análise, os respectivos factores e unidades, assim como a pegada de carbono respeitante a cada processo vêm na Tabela 5-10 e resultante dos cálculos presentes nas secções seguintes.

Tabela 5-10 Caracterização do processo global e pegada de carbono

Unit Process Raw Data						PC	
Waste Management for municipal recyclables						kg CO ₂ eq.ton RSM ⁻¹	
number	category	name	location	unit	g _k	Ílhavo	Arouca
21100	Waste management	Transport operations from municipal recycling bins to MRF	PT	ton	1	39,967	54,245
21200	Waste management	Sorting processes on MRF and transport operations to recycler entities	PT	ton	1	23,826	23,826
21300	Waste management	Waste disposal to sanitary landfill	PT	ton	1	273,291	273,291
21000	Waste management	Waste Management for municipal recyclables	PT	ton	1	337,084	351,362

5.4.1 OPERAÇÕES DE RECOLHA DOS RSM

O estudo considera os municípios de Ílhavo e Arouca como locais de circuito para a recolha de ecopontos (vidrão, papelão e embalão). Para efeitos de transporte é admitido um camião de caixa aberta, visto facilitar a recolha dos contentores drop-off, com uma carga efectiva de 30 m³. Cada carga corresponde a resíduos de uma fileira. O transporte para local de armazenamento na Estação de Triagem, que se localiza no Aterro de Taboeira, em Aveiro, é realizado aquando é atingida a capacidade máxima do veículo.

Os dados necessários para determinar as variáveis do processo foram as seguintes:

- Densidade dos RSM no contentor (ecoponto), com base na Tabela 5-3;
- Operação de transporte de camiões com capacidade para 30 m³. Para a determinação do esforço de transporte é utilizada a Equação 5.1;
- As distâncias percorridas no circuito de recolha por fluxo de resíduos podem ser visualizadas na Tabela 5-11.

Tabela 5-11 Distância média percorrida para recolha do vidro, papel/cartão e embalagens, nos municípios de Ílhavo e Arouca, em 2008 (Fonte: www.ersuc.pt).

Fluxo de resíduos	Distância média [km.ton ⁻¹]	
	Ílhavo	Arouca
Vidro	40	54
Papel/Cartão	140	204
Embalagens	171	199

As características do processo de recolha dos RSM vêm dadas na Tabela 5-12. O conjunto de processos e correspondente pegada de carbono podem ser visualizados na Tabela 5-13.

Tabela 5-12 Descrição do processo de recolha dos RSM (21100)

	includedProcesses	generalComment
21100	Este processo inclui o esforço de recolha dos RSM dos ecopontos (vidro, papelão e embalagem) no município de Ílhavo e Arouca.	O inventário refere-se ao transporte de 1ton de RSM dos ecopontos até à Estação de Triagem.

Tabela 5-13 Caracterização do processo 21100 e pegada de carbono

Unit Process Raw Data					X _{JK}		PC	
Transport operations from municipal recycling bins							kg CO ₂ eq.ton RSM ⁻¹	
number	Category	name	location	unit	Ílhavo	Arouca	Ílhavo	Arouca
1915	Transport systems	operation, lorry 3.5-16t, fleet average, for waste glass	PT	vkm	8,070	10,896	5,152	6,956
1915	Transport systems	operation, lorry 3.5-16t, fleet average, for waste paper & cardboard	PT	vkm	35,688	52,155	22,783	33,294
1915	Transport systems	operation, lorry 3.5-16t, fleet average, for waste packaging	PT	vkm	18,849	21,923	12,033	13,995
21100	Waste management	Transport operations from municipal recycling bins to MRF	PT	ton	1	1	39,967	54,245

5.4.2 PROCESSOS DE SEPARAÇÃO NA ET E TRANSPORTE PARA AS REICLADORAS

Os RSM depois de serem transportados até à ET, são sujeitos, com excepção dos resíduos de vidro, a um processo de triagem, para separação dos diferentes materiais valorizáveis, destinados à reciclagem material. Os resíduos de vidro apenas são colocados numa zona de armazenamento até serem carregados e transportados para as recicladoras.

Este processo também inclui os serviços de transporte dos materiais para as entidades recicladoras. A identificação das entidades foi possível através da SPVnet (<http://www.spvnet.net/>), campo *Pré-Qualificação e Concursos*. As entidades admitidas

para o estudo (Anexo F) fazem parte dos retomadores qualificados, em 2008, com contrato activo até final do mesmo ano.

No trabalho foram admitidas, para cada tipo de material, as entidades que se encontram mais próximas da ET, assumindo que a entidade assume a retoma total do material armazenado no complexo, para facilitar o cálculo de transporte e para evitar duplicações no mesmo. A retoma dos plásticos não foi subdividida em diferentes materiais porque não foi possível a determinação das quantidades efectivas e densidades dos fardos, para o efeito foi assumido a existência de uma empresa que fazia a retoma de todos os tipos de plástico. Assim sendo, as entidades escolhidas para o estudo foram:

- Retoma do vidro: BA Vidro SA, em Vila Nova de Gaia;
- Retoma do papel/cartão: Fábrica de Papel Ponte Redonda, SA, em Espinho;
- Retoma dos plásticos: Trinoplás, Lda, em Albergaria-a-Velha;
- Retoma de alumínio e metais ferrosos: Triu, Lda, em Loures.

A determinação da quantidade dos resíduos foi possível, através dos dados retirados no site da ERSUC (www.ersuc.pt), nomeadamente no que respeita às quantidades de materiais recolhidos para triagem, ver Anexo D, e com base no sistema de separação definido anteriormente. Os dados considerados foram os seguintes:

- Serviço de empilhador, ocupação a 20% durante 5h/dia com um consumo de diesel de cerca 2 L/h para movimentação de resíduos e fardos. Admitiu-se um serviço equivalente a uma carrinha de transporte que gasta 8,2 L diesel/100 km a operar durante o mesmo tempo. Para o cálculo foi utilizada a Equação 5.3;
- Uma tonelada de resíduos necessita de 8 kg de arame de aço, aquando o enfardamento dos materiais;
- O sistema de separação opera $8\text{h}\cdot\text{dia}^{-1}$, com um consumo energético médio de $17,64\text{ kWh}\cdot\text{ton}^{-1}$ RSM. Factor de alocação de 0,4 para a linha do papel/cartão e de 0,6 para a linha das embalagens;
- Factor de abundância de 0,5 para o refugo de papel e cartão.

Para efeitos de transporte para as recicladoras é admitido um camião, com uma carga efectiva de 58 m^3 . Para calcular o esforço de transporte é necessário utilizar a Equação 5.4. Os dados considerados para o cálculo foram os seguintes:

- Densidade dos fardos de resíduos, na Tabela 5-4;
- Densidade do vidro no veículo = $0,59\text{ ton/m}^3$;

- As distâncias médias percorridas para entrega dos fardos de resíduos às entidades recicladoras podem ser visualizadas na Tabela 5-14.

Tabela 5-14 Distância média percorrida para entrega dos fardos de resíduos às entidades licenciadas para reciclagem, em 2008.

Fardos de resíduos	Entidades recicladoras	Distância média [km.ton ⁻¹]
Vidro	BA Vidro SA	68
Papel/Cartão	Fábrica de Papel Ponte Redonda, SA	47
Plásticos	Trinoplás	15
Alumínio	Triu, Lda	250
Metais Ferrosos	Triu, Lda	250

As condições gerais de realização do processo estão descritas na Tabela 5-15 e as fases/processos nele intrínseco vêm referidos na Tabela 5-16.

Tabela 5-15 Descrição do processo relativo às operações de separação dos RSM na ET e transporte às entidades recicladoras.

	includedProcesses	generalComment
21200	Operações inerentes à ET, localizada no Aterro de Aveiro, com principal foco na triagem/compactação dos RSM (papel/cartão e embalagens). Transporte dos diferentes materiais triados (compactados) na ET até à entrada nas instalações das unidades recicladoras, localizadas em Portugal. Foi considerado o transporte interno dos resíduos em empilhador. Este processo inclui os transportes	O inventário refere-se às operações de separação e transporte para uma 1 ton de RSM.

Tabela 5-16 Caracterização do processo 21200 e pegada de carbono

Unit Process Raw Data						PC
Sorting procedures and compaction on MRF						
number	category	name	location	unit	X _{JK}	kg CO ₂ eq.ton RSM ⁻¹
5743	Transport systems	operation, van < 3,5t	RER	vkm	4,878	1,382
1174	Metals	sheet rolling, steel	RER	ton	0,008	2,849
660	Electricity	electricity, medium voltage, production PT, at grid, for paper & cardboard	PT	kWh	17,645	11,107
1921	Transport systems	operation, lorry 20-28t, fleet average, for waste glass, from MRF to recycler entity	PT	vkm	6,732	6,258
1921	Transport systems	operation, lorry 20-28t, fleet average, for baled paper & cardboard, from MRF to recycler entity	PT	vkm	1,664	1,547
1921	Transport systems	operation, lorry 20-28t, fleet average, for baled plastics, from MRF to recycler entity	PT	vkm	0,268	0,249
1921	Transport systems	operation, lorry 20-28t, fleet average, for baled aluminium packaging, from MRF to recycler entity	PT	vkm	0,021	0,020
1921	Transport systems	operation, lorry 20-28t, fleet average, for baled ferrous metal packaging, from MRF to recycler entity	PT	vkm	0,445	0,414
21200	Waste management	Sorting processes on MRF and transport operations to recycler entities	PT	ton	1	23,826

5.4.3 DISPOSIÇÃO DO REFUGO EM ATERRO CONTROLADO

Os materiais residuais são eliminados por aterro controlado, sendo estes classificados por: papel, cartão, mistura de plásticos, alumínio e material inerte, tendo sido este último considerado para o refugo do vidro. Apesar de o vidro não ter sido triado ou sofrido qualquer outro tratamento, verificou-se uma quantidade de vidro para retoma diferente da recebida pela ET, sendo assim, foi considerado para o cálculo.

O refugo dos metais ferrosos não foi considerado, para o cálculo da pegada de carbono, devido à fracção muito reduzida deste no total de resíduos a enviar para aterro. Foi admitido um factor de abundância de 0,5 para o papel e cartão, relativamente ao cálculo dos respectivos refugos.

Nota: apesar do transporte de refugo para aterro implicar a emissão de poluentes, este não foi considerado para cálculo no processo devido à distância se demonstrar demasiado baixa.

As características, conjunto de processos e correspondente pegada de carbono podem ser visualizados nas Tabelas 5-17 e 5-18.

Tabela 5-17 Descrição do processo de eliminação do refugo para aterro (21300)

	includedProcesses	generalComment
21300	Eliminação do refugo de vidro, papel, cartão, plásticos e alumínio em aterro controlado.	O aterro foi considerado como destino final do refugo, em vez da incineração, devido a uma mais fácil eliminação do mesmo sem acarretar custos de transporte significativos.

Tabela 5-18 Caracterização do processo 21300 e pegada de carbono

Unit Process Raw Data						PC
Waste disposal to sanitary landfill						
number	Category	name	location	unit	X_{JK}	kg CO ₂ eq.ton RSM ⁻¹
2221	Waste management	disposal, inert material, 0% water, to sanitary landfill	CH	ton	0,001	0,010
2228	Waste management	disposal, paper, 11.2% water, to sanitary landfill	CH	ton	0,110	117,278
2225	Waste management	disposal, packaging cardboard, 19.6% water, to sanitary landfill	CH	ton	0,110	150,547
2230	Waste management	disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill	CH	ton	0,060	5,358
2215	Waste management	disposal, aluminium, 0% water, to sanitary landfill	CH	ton	0,005	0,099
21300	Waste management	Waste disposal to sanitary landfill	PT	ton	1	273,291

6 CENÁRIO 2 – SMALL IS BEAUTIFUL

6.1 PROCESSO GLOBAL

O processo global aplicado à metodologia “Small is Beautiful” engloba o mesmo conjunto de processos envolvidos no cenário 1, a maior diferença deste cenário relativamente ao anterior será a abordagem de uma metodologia diferente relativamente ao esforço de transporte efectuado pelas unidades de transporte de resíduos e aos sistemas de separação das Estações de Triagem nos municípios. O modelo de gestão dos RSM para este cenário, corresponde a um sistema descentralizado.

As secções seguintes descrevem o procedimento, especificações e resultados da pegada de carbono relativos a cada operação prevista no procedimento global.

6.2 ESFORÇO DE RECOLHA E TRANSPORTE ÀS RECICLADORAS

No que concerne à recolha dos RSM nos ecopontos até à ET, foi utilizada uma distância com base nos mesmos dados de transporte, adquiridos no site da ERSUC, em resultado das distâncias percorridas para a recolha dos ecopontos nos município de Ílhavo e Arouca, porém é retirado o transporte com encaminhamento para a ET, localizada no Aterro de Aveiro, ou seja, para este trabalho é admitido apenas como efeito de distância percorrida pelo transportador a recolha/circuito dos ecopontos e é considerado irrelevante o transporte até à ET, visto terem sido arbitradas as localizações na proximidade dos municípios.

Relativamente à entrega nas entidades recicladoras, foi determinada uma distância média equivalente entre a localização arbitrada para a ET e recicladoras, estabelecida de igual modo no cenário 1.

Para calcular a distância média percorrida num percurso para a recolha dos RSM nos ecopontos até à ET, foi utilizada a seguinte equação,

$$d_T \left[\text{vkm.ton RSM}^{-1} \right] = \frac{d_c}{0,4c\varphi_{IR}} \quad \text{im} \quad \text{(Equação 6.1)}$$

com a distância a ser dada pela Equação 6.2, sendo obtida pela distância de recolha dos resíduos preconizada para um percurso, através dos dados obtidos pela ERSUC,

subtraindo a distância correspondente à entrega dos mesmos na ET, localizada no Aterro de Taboeira.

$$d_c [\text{km}] = d - 2d_{ET} \quad (\text{Equação 6.2})$$

A variável d_{ET} , assume os valores de 10 km para Ílhavo e 65km para Arouca, obtidos através da plataforma *ViaMichelin* (www.viamichelin.com/web/Maps), tendo sido consideradas as distâncias entre os centros dos municípios de Ílhavo e Arouca e a ET em Aveiro. O percurso de ida e volta do transportador para a ET é admitido para esta equação.

O cálculo de transporte de refugo é intrínseco para este cenário, porque as ET's não estão inseridas no Aterro. A distância percorrida pelo transportador é dada por $2 \times d_{ET}$ [km] e a densidade de refugo foi arbitrada, tendo sido calculada através da média das densidades dos materiais. (Nota: Foi admitido para o estudo a compactação do refugo).

O esforço de transporte dos RSM para as recicladoras e o serviço de empilhador são dados pela Equação 5.2 e Equação 5.3, respectivamente, definidas no cenário 1.

6.3 SISTEMAS DE SEPARAÇÃO INCORPORADOS NA ET

Tendo em conta que o modelo proposto espera contar com uma maior interacção e sensibilização do cidadão para as práticas da reciclagem, foi proposto um aumento de eficiência de reciclagem dos RSM relativamente à produção de resíduos no ano 2008, tendo em conta as metas de gestão de RSU em Portugal para o ano 2011 (PERSU, 2006) e potencial de reciclagem dos resíduos para o sistema da ERSUC (www.spvnet.com), ver Tabelas 6-1, 6-2 e 6-3.

Tabela 6-1 Eficiência de reciclagem dos RSM na ERSUC, em 2008 e pelo modelo proposto.

Material	η_R (Eficiência de reciclagem) [%]	
	Situação actual	Situação proposta
Vidro	45	60
Papel/Cartão	18	60
Plástico	13	22
Metais Ferrosos	8	50
Alumínio	8	50

Tabela 6-2 Quantidade de resíduos recolhidos pela ERSUC para o município de Ílhavo, em 2008 e pelo modelo proposto (Fonte: www.ersuc.pt).

Material	Situação actual		Situação proposta	
	Produção [ton.ano ⁻¹]	ω_{iM} [ton i.ton RSM ⁻¹]	Produção [ton.ano ⁻¹]	ω_{iM} [ton i.ton RSM ⁻¹]
Vidro	716,78	0,55	824,30	0,52
Papel/Cartão	395,26	0,30	561,27	0,35
Plástico	171,14	190,16	186,54	210,30
Metais Ferrosos	16,16		22,95	
Alumínio (RS)	0,57		0,81	
Total	1302,20	1	1595,87	1

Tabela 6-3 Quantidade de resíduos recolhidos pela ERSUC para o município de Arouca, em 2008 e pelo modelo proposto (Fonte: www.ersuc.pt).

Material	Situação actual		Situação proposta	
	Produção [ton.ano ⁻¹]	ω_{iM} [ton i.ton RSM ⁻¹]	Produção [ton.ano ⁻¹]	ω_{iM} [ton i.ton RSM ⁻¹]
Vidro	286,32	0,61	329,27	0,57
Papel/Cartão	120,02	0,25	170,43	0,30
Plástico	60,08	66,02	65,49	75,15
Metais Ferrosos	5,76		9,40	
Alumínio (RS)	0,18		0,26	
Total	472,36	1	574,85	1

As ET's foram planeadas para operar 52 semanas por ano, 3 dias por semana, ou 152 dias por ano. O horário de laboração é de 8h por dia.

Para este cenário também foi admitido processo de baixa tecnologia, assim sendo os resíduos de vidros não são sujeitos a operações de separação.

A partir dos dados obtidos no site da ERSUC, relativamente à quantidade de papel/cartão e embalagens, e valores assumidos para o horário, a quantidade de resíduos processados na ET para Ílhavo é dada por

$$\frac{1595,87 \text{ [ton.ano}^{-1}\text{]}}{156 \text{ [d.ano}^{-1}\text{]}} \approx 10,23 \text{ ton.d}^{-1} \text{ RSM processados na ET de Ílhavo}$$

e para Arouca é dada por

$$\frac{574,85 \text{ [ton.ano}^{-1}\text{]}}{156 \text{ [d.ano}^{-1}\text{]}} \approx 3,68 \text{ ton.d}^{-1} \text{ RSM processados na ET de Arouca}$$

O modelo também propõe uma maior eficiência de separação dos diferentes materiais, na ET, por consequência de melhor separação na origem (ecopontos), ver Tabela 6-4.

Tabela 6-4 Eficiência de separação na ET de Aveiro (modelo centralizado), em 2008 e nas ET's propostas pelo modelo descentralizado para os municípios de Ílhavo e Arouca.

Material	η (Eficiência de separação) [%]	
	Situação actual	Situação proposta
Papel/Cartão	41,0	60
Plástico	55,4	75
Metais Ferrosos	92,6	95
Alumínio (RS)	96,6	98

A Figura 6-1 reflecte o balanço mássico para o sistema, na ET de Ílhavo, com informação relativa às fileiras de resíduos admitidos.

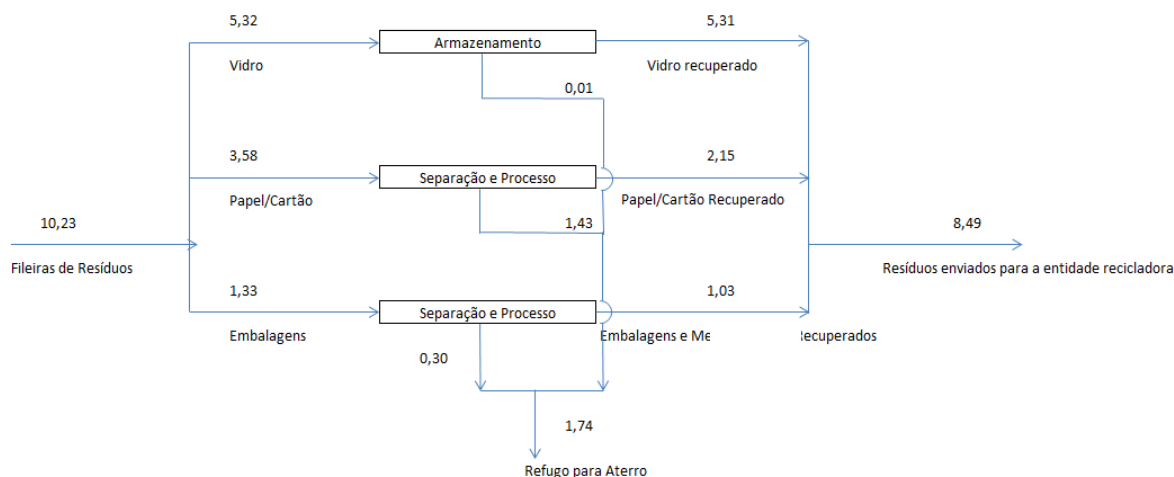


Figura 6-1 Resumo do diagrama e balanço mássico do sistema (ton.dia^{-1}), na ET de Ílhavo.

O balanço mássico para o sistema da ET de Arouca está representado na Figura 6-2.

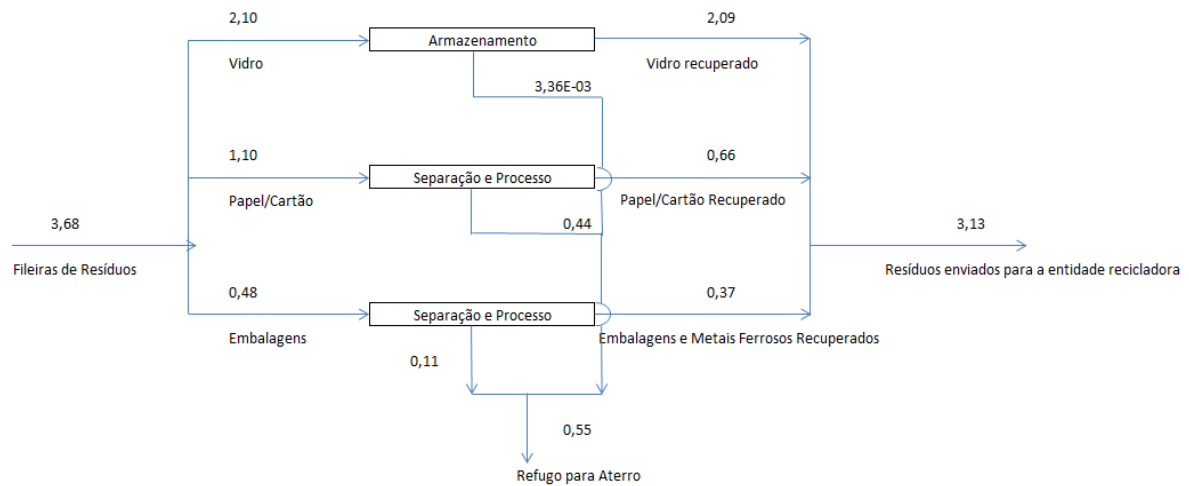


Figura 6-2 Resumo do diagrama e balanço mássico do sistema (ton.dia⁻¹), na ET de Arouca.

As ET's possuem pequenas dimensões (<10 ton.d⁻¹) e estão configuradas com o mesmo sistema de triagem do cenário 1. A linhas de triagem são igualmente operadas em duas fases, numa é utilizada todos os sistemas de separação, sendo esta atribuída às embalagens, com a separação inicial das embalagens de metais ferrosos e de seguida a triagem manual, onde são triados as embalagens PET, PVC, PEAD, embalagens de alumínio e filmes plásticos e na outra a triagem do papel/cartão.

A linha de triagem para a fileira das embalagens da ET de Ílhavo está representada na Figura 6-3 assim como o respectivo balanço mássico.

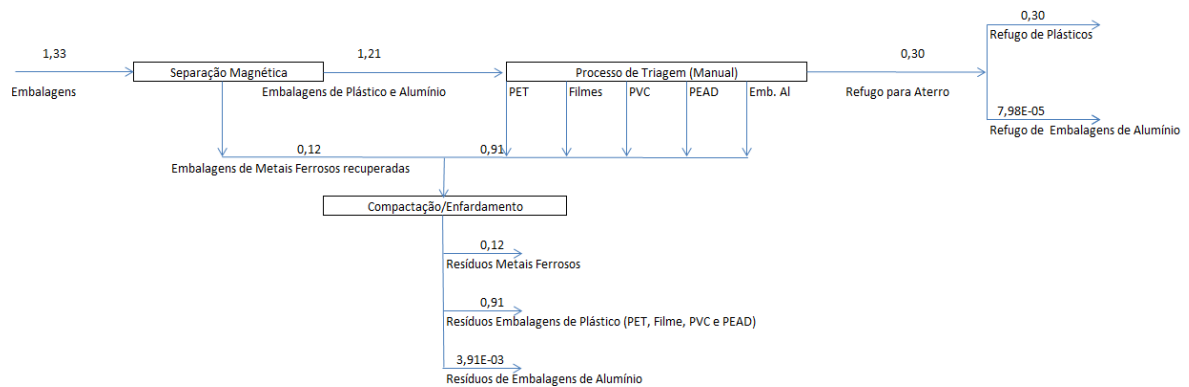


Figura 6-3 Diagrama e balanço mássico da fileira das embalagens (ton.dia⁻¹), na ET de Ílhavo.

Relativamente a Arouca, a fileira das embalagens sofre o mesmo processo de separação, diferenciando no balanço mássico, podendo esta ser visualizada na Figura 6-4.

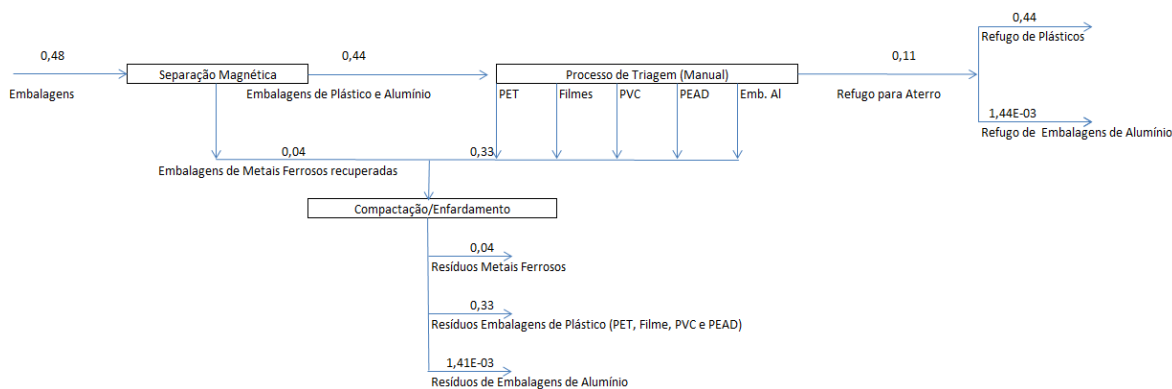


Figura 6-4 Diagrama e balanço mássico da fileira das embalagens (ton.dia⁻¹), na ET de Arouca.

O sistema de separação para a fileira do papel/cartão não opera com o separador magnético e não é admitida a separação do papel e cartão, visto também não se mostrar, actualmente, lucrável a sua venda em separado. Sendo assim apenas é separado o material contaminado, que posteriormente é enviado para refugio em Aterro, e a compactação/enfardamento dos resíduos é realizada em conjunto.

Os balanços mássicos e linha de separação do papel/cartão para as ET's de Ílhavo e Arouca estão representados na Figura 6-5 e 6-6.

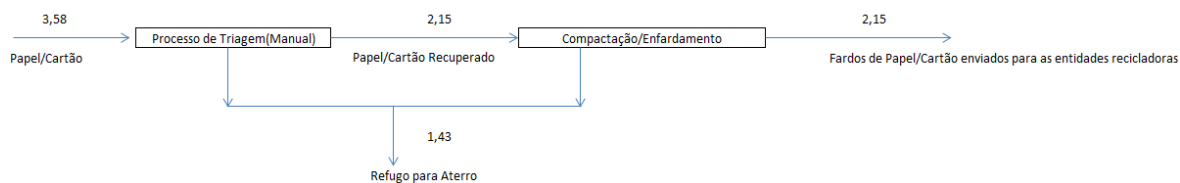


Figura 6-5 Diagrama e balanço mássico da fileira do papel/cartão (ton.dia⁻¹), na ET de Ílhavo.

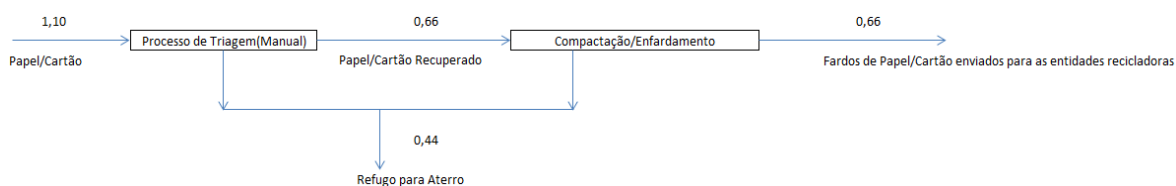


Figura 6-6 Diagrama e balanço mássico da fileira do papel/cartão (ton.dia⁻¹), na ET de Arouca.

No que diz respeito aos equipamentos que integram o sistema, foram atribuídos valores para a potência e capacidade de processamento, tendo em conta as especificações de equipamentos, com base em fornecedores, para estações de triagem, que se tentam aproximar o mais possível das ET's consideradas no estudo, ver Tabela 6-5.

Tabela 6-5 Características dos equipamentos que integram a linha de Triagem

Equipamentos	Potência [kW]	Capacidade de processamento [ton.h ⁻¹]
Tapete transportador inclinado	1,8	0,8
Separador magnético	1,0	0,8
Tapete transportador horizontal	1,5	1
Compactador/ Enfardador	7,5	0,6

Nota: Foram admitidos os mesmos equipamentos e características para as ET's de Ílhavo e Arouca.

A estimativa do consumo energético da ET em termos de kWh.ton RSM⁻¹ é calculada através da equação 5.4, igualmente utilizada no cenário 1.

6.4 MODELO DE GESTÃO DE RSM PARA SISTEMA DESCENTRALIZADO

O processo global é denominado por modelo de gestão de RSM para sistema descentralizado e tem associado o número de processo 22000. Os sub-processos 22100, 22200 e 22300 dizem respeito às operações de recolha, processos de triagem/transporte para as recicladoras e disposição final em aterro, respectivamente.

O processo pelo qual são sujeitos os RSM passa pela operação de recolha dos RSM no município de Ílhavo e Arouca até às ET's, localizadas na proximidade dos municípios.

Na ET os RSM são sujeitos a um processo de triagem e compactação, seguido do seu armazenamento para posterior envio às recicladoras. Os RSM à entrada da ET são classificados por: vidro, papel/cartão e embalagens, e à saída são classificados por: vidro, papel/cartão (fardo), plástico (fardo), alumínio (fardo), metais ferrosos (fardo) e refugo.

Após as operações na ET os resíduos são enviados para as entidades recicladoras competentes para a reciclagem de cada material. Os dados utilizados para o cálculo da pegada de carbono, para o presente cenário, podem ser visualizados no Anexo E.

A fronteira do processo global vem na Tabela 6-6.

Tabela 6-6 Descrição geral e fronteira do processo global (22000)

	includedProcesses	generalComment
22000	Inclui todos os processos e transportes envolvidos na gestão dos RSM para o município de Ílhavo e Arouca, através da metodologia Small is Beautiful. A fronteira do sistema é a eliminação do reguço em aterro.	O inventário refere-se à gestão de 1 ton de RSM em Ílhavo e Arouca, referente a um sistema descentralizado.

O conjunto de processos considerados na análise, os respectivos factores e unidades, assim como a pegada de carbono respeitante a cada processo vêm na Tabela 6-7 e resultante dos cálculos presentes nas secções seguintes.

Tabela 6-7 Caracterização do processo global e pegada de carbono

Unit Process Raw Data						PC	
Waste Management for municipal recyclables						kg CO ₂ eq.ton RSM ⁻¹	
number	category	name	location	unit	g _x	Ílhavo	Arouca
22100	Waste management	Transport operations, from municipal recycling bins to MRF	PT	ton	1	31,300	30,885
22200	Waste management	Sorting processes on MRF and transport operations to recycler entities	PT	ton	1	24,909	21,990
22300	Waste management	Waste disposal to sanitary landfill	PT	ton	1	173,749	153,064
22000	Waste management	Waste Management for municipal recyclables	PT	ton	1	229,959	205,939

6.4.1 OPERAÇÕES DE RECOLHA DOS RSM

O estudo considera os municípios de Ílhavo e Arouca como locais de circuito para a recolha dos ecopontos (vidrão, papelão e embalão) e local de triagem dos RSM. Para efeitos de transporte é admitido um camião de caixa aberta (drop-off), com uma carga efectiva de 30 m³. Cada carga corresponde a resíduos de uma fileira. O transporte para local de armazenamento na Estação de Triagem é realizado aquando é atingida a capacidade máxima do veículo. Para calcular o esforço de transporte é necessário utilizar a Equação 6.1.

Os dados necessários para determinar as variáveis do processo foram as seguintes:

- A densidade dos RSM nos contentores (ecopontos) foi a mesma utilizada no cenário 1;
- As distâncias percorridas no circuito de recolha por fluxo de resíduos podem ser visualizadas na Tabela 6-8.

Tabela 6-8 Distância média percorrida por percurso para recolha dos RSM, nos municípios de Ílhavo e Arouca, em 2008, para modelo centralizado (Fonte: Adaptado de www.ersuc.pt).

Fluxo de resíduos	Distância média [km.ton ⁻¹]	
	Ílhavo	Arouca
Vidro	20	4
Papel/Cartão	120	154
Embalagens	151	158

As características do processo de recolha RSM vêm dadas na Tabela 6-9. O conjunto de processos e correspondente pegada de carbono podem ser visualizados na Tabela 6-10.

Tabela 6-9 Descrição do processo das operações de recolha dos RSM (22100)

	includedProcesses	generalComment
22100	Este processo inclui os transportes dos RSM dos ecopontos (vidrão, papelão e embalão) no município de Ílhavo e Arouca, para a ET's localizadas nos centros dos mesmos.	O inventário refere-se ao transporte de 1ton de RSM dos ecopontos até às ET.

Tabela 6-10 Caracterização do processo 22100 e pegada de carbono

Unit Process Raw Data					X _{JK}		PC	
Transport operations, from municipal recycling bins to MRF							kg CO ₂ eq.ton RSM ⁻¹	
number	Category	name	location	unit	Ílhavo	Arouca	Ílhavo	Arouca
1915	Transport systems	operation, lorry 3.5-16t, fleet average, for waste glass	PT	vkm	4,233	0,864	2,702	0,552
1915	Transport systems	operation, lorry 3.5-16t, fleet average, for waste paper & cardboard	PT	vkm	28,657	31,618	18,294	20,184
1915	Transport systems	operation, lorry 3.5-16t, fleet average, for waste packaging	PT	vkm	16,141	15,897	10,304	10,149
22100	Waste management	Transport operations, from municipal recycling bins to MRF	PT	ton	1	1	31,300	30,885

6.4.2 PROCESSOS DE SEPARAÇÃO NA ET E TRANSPORTE PARA AS REICLADORAS

Os processos admitidos para o estudo são idênticos aos mencionados no cenário 1. Os dados considerados para a determinação da pegada de carbono foram os seguintes:

- Uma tonelada de resíduos necessita de 8 kg de arame de aço para o enfardamento dos materiais;
- Factor de abundância para refugo de papel de 0,5 e mesmo valor para o cartão;
- Factor de alocação de 0,4 para a linha do papel/cartão e de 0,6 para a linha das embalagens;

Para efeitos de transporte para as recicladoras é admitido um camião, com uma carga efectiva de 58 m³. Para calcular o esforço de transporte é necessário utilizar a Equação 5.2. Os dados considerados para o cálculo foram os seguintes:

- Densidade dos fardos de resíduos, na Tabela 5-4;
- As distâncias médias percorridas para entrega dos fardos de resíduos às entidades recicladoras podem ser visualizadas na Tabela 6-11.

Tabela 6-11 Distância média percorrida para entrega dos fardos de resíduos às entidades licenciadas para reciclagem, a partir de Ílhavo e Arouca (Fonte: ViaMichelin).

Fardos de resíduos	Entidades recicladoras	Distância média [km.ton ⁻¹]	
		Ílhavo	Arouca
Vidro	BA Vidro SA	78	45
Papel/Cartão	Fábrica de Papel Ponte Redonda, SA	59	49
Plásticos	Trinoplás	26	46
Alumínio	Triu, Lda	245	311
Metais Ferrosos	Triu, Lda	245	311

As condições gerais de realização do processo estão descritas na Tabela 6-12 e as fases/processos nele intrínseco vêm referidos na Tabela 6-13.

Tabela 6-12 Descrição do processo relativo às operações de separação dos RSM na ET e transporte para a indústria recicladora.

	includedProcesses	generalComment
22200	Operações de triagem/compactação dos RSM (papel/cartão e embalagens) nas ET's em Ílhavo e Arouca e transportes dos diferentes materiais triados nas ET's em até à entrada nas instalações das unidades recicladoras. Foi considerado o transporte interno dos resíduos em empilhador.	O inventário refere-se às operações de triagem e transporte para uma 1 ton de RSM em Ílhavo e Arouca.

Tabela 6-13 Caracterização do processo 22200 e pegada de carbono

Unit Process Raw Data					X _{JK}		PC	
Sorting processes on MRF and transport operations to recycler entities							kg CO ₂ eq.ton RSM ⁻¹	
number	category	name	location	unit	Ílhavo	Arouca	Ílhavo	Arouca
5743	Transport systems	operation, van < 3,5t	RER	vkm	4,878	4,878	1,382	1,382
1174	Metals	sheet rolling, steel	RER	ton	0,008	0,008	2,849	2,849
660	Electricity	electricity, medium voltage, production PT, at grid	PT	kWh	17,000	17,000	10,701	10,701
1921	Transport systems	operation, lorry 20-28t, fleet average, for waste glass, from MRF to recycler entity	PT	vkm	7,722	4,455	7,178	4,141
1921	Transport systems	operation, lorry 20-28t, fleet average, for baled paper & cardboard, from MRF to recycler entity	PT	vkm	2,089	1,735	1,942	1,613
1921	Transport systems	operation, lorry 20-28t, fleet average, for baled plastics, from MRF to recycler entity	PT	vkm	0,465	0,823	0,432	0,765
1921	Transport systems	operation, lorry 20-28t, fleet average, for baled aluminium packaging, from MRF to recycler entity	PT	vkm	0,021	0,027	0,019	0,025
1921	Transport systems	operation, lorry 20-28t, fleet average, for baled ferrous metal packaging, from MRF to recycler entity	PT	vkm	0,437	0,554	0,406	0,515
22200	Waste management	Sorting processes on MRF and transport operations to recycler entities	PT	ton	1	1	24,909	21,990

6.4.3 *DISPOSIÇÃO DO REFUGO EM ATERRO CONTROLADO*

As operações e especificações para determinar a pegada de carbono relativa à eliminação do refugo em aterro seguem a mesma metodologia utilizada no cenário 1. Porém neste cenário é introduzido a operação que reflecte o esforço de transporte do refugo, para se proceder ao seu condicionamento. Os materiais residuais (compactados) são enviados através de transportador de carga efectiva de 58 m³, desde a ET até ao Aterro, localizado em Aveiro (Nota: Admitiu-se uma densidade de refugo de 0,80 ton.m⁻³)
As características e conjuntos de processos vêm dados na Tabela 6-14 e 6-15.

Tabela 6-14 Descrição do processo de eliminação dos materiais residuais para aterro controlado (22300)

	includedProcesses	generalComment
22300	Eliminação do refugo (compactado) de vidro, papel, cartão, plásticos e alumínio, com origem nas ET's de Ílhavo e Arouca, em aterro controlado.	O Aterro foi considerado como destino final do refugo, em vez da incineração, devido a uma mais fácil eliminação do mesmo sem acarretar custos de transporte significativos.

Tabela 6-15 Caracterização do processo 22300 e pegada de carbono

Unit Process Raw Data					X _{JK}		PC	
Waste disposal to sanitary landfill							kg CO ₂ eq.ton RSM ⁻¹	
number	category	name	location	unit	Ílhavo	Arouca	Ílhavo	Arouca
2221	Waste management	disposal, inert material, 0% water, to sanitary landfill	CH	ton	0,001	0,001	0,010	0,011
2228	Waste management	disposal, paper, 11.2% water, to sanitary landfill	CH	ton	0,070	0,060	74,491	63,849
2225	Waste management	disposal, packaging cardboard, 19.6% water, to sanitary landfill	CH	ton	0,070	0,060	95,622	81,962
2230	Waste management	disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill	CH	ton	0,033	0,033	2,913	2,913
2215	Waste management	disposal, aluminium, 0% water, to sanitary landfill	CH	ton	0,003	0,003	0,056	0,056
1915	Transport systems	operation, lorry 3.5-16t, fleet average, for disposal waste, from MRF to Landfill	PT	vkm	0,208	1,354	0,657	4,274
22300	Waste Management	Waste disposal to sanitary landfill	PT	ton	1	1	173,749	153,064

7 ANÁLISE DE RESULTADOS

7.1 PEGADA DE CARBONO

O cálculo da pegada de carbono relativa ao processo de gestão de 1 tonelada de RSM, permitiu concluir que são emitidos cerca de 337,1 e 351,4 kg de CO_{2eq} por cada tonelada de RSM para os municípios de Ílhavo e Arouca, respectivamente, para o modelo de gestão de resíduos centralizado (cenário 1). Em relação ao modelo descentralizado (cenário 2), foram obtidos cerca de 230,0 e 206,0 kg de CO_{2eq} por cada tonelada de RSM para os municípios de Ílhavo e Arouca, respectivamente.

As incidências ambientais da pegada de carbono pelas diferentes fases do processo de gestão em valor absoluto podem ser visualizadas na Figura 7-1 para o município de Ílhavo e Figura 7-2, para Arouca.

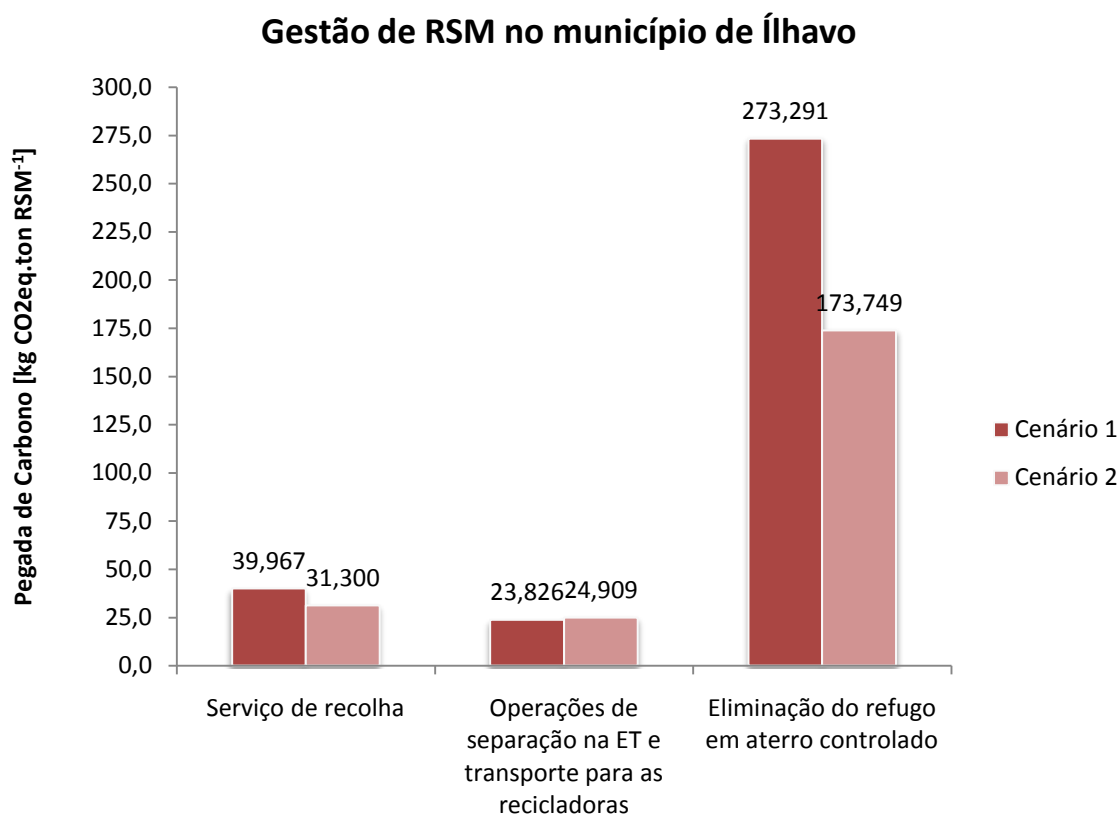


Figura 7-1 Pegada de Carbono das diferentes fases do processo de gestão dos RSM para o município de Ílhavo.

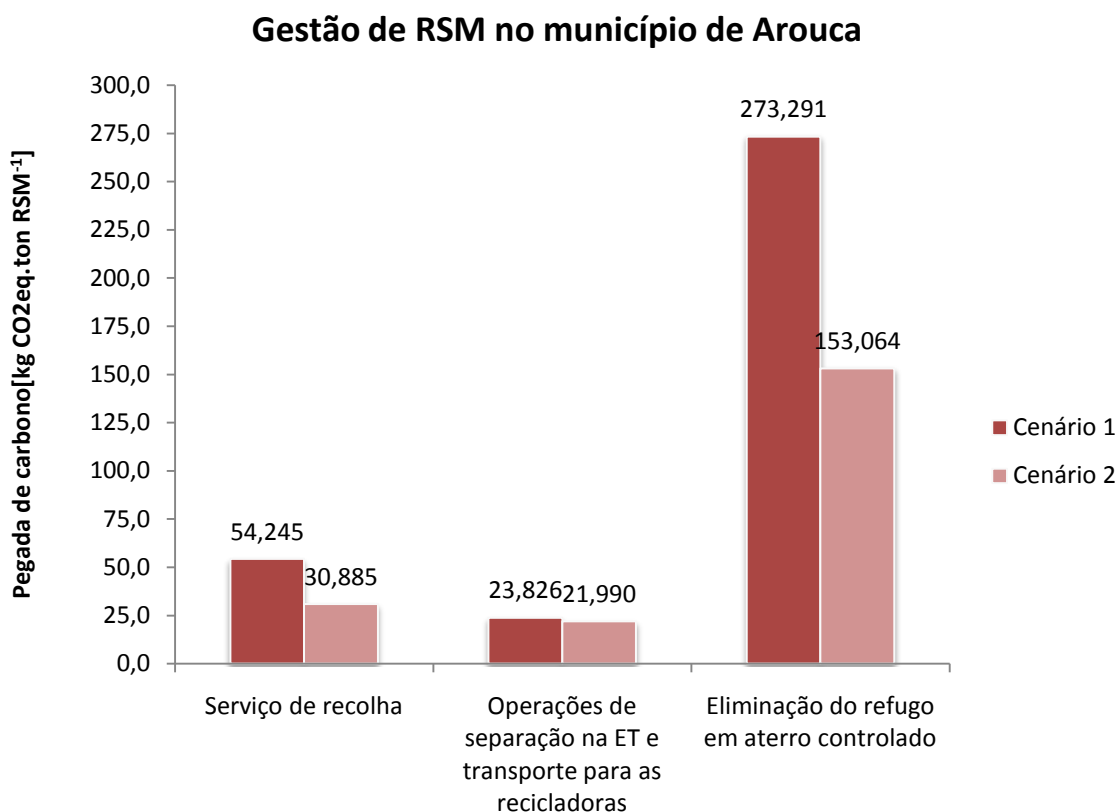


Figura 7-2 Pegada de Carbono das diferentes fases do processo de gestão dos RSM para o município de Arouca.

Através das Figuras 7-1 e 7-2 pode-se evidenciar a maior contribuição para a pegada de carbono pela eliminação dos resíduos em aterro. Os valores absolutos para as fases de separação de resíduos/ transporte para as recicladoras e eliminação do refugo, em Ílhavo e Arouca, coincidem no modelo centralizado, porque estas duas fases foram sujeitas a 1 ton RSM do conjunto dos municípios que integram o pólo do Baixo-Vouga do Sistema Multimunicipal do Litoral Centro (ERSUC).

Também é possível verificar que a fase de operações de separação e transporte contém a menor pegada de carbono para o sistema de gestão, nos modelos centralizado e descentralizado. O serviço de recolha para Arouca possui quantitativos menores no modelo descentralizado, justificado pelo também menor circuito de recolha empregue no município.

A fase de eliminação do refugo em aterro possui quantitativos menores no modelo descentralizado devido às maiores eficiências de reciclagem na fonte e separação nas ET's.

O resultado final para a pegada de carbono de cada caso de estudo e respectivo modelo de gestão está visível na Figura 7-3.

Gestão de resíduos da recolha selectiva multimaterial

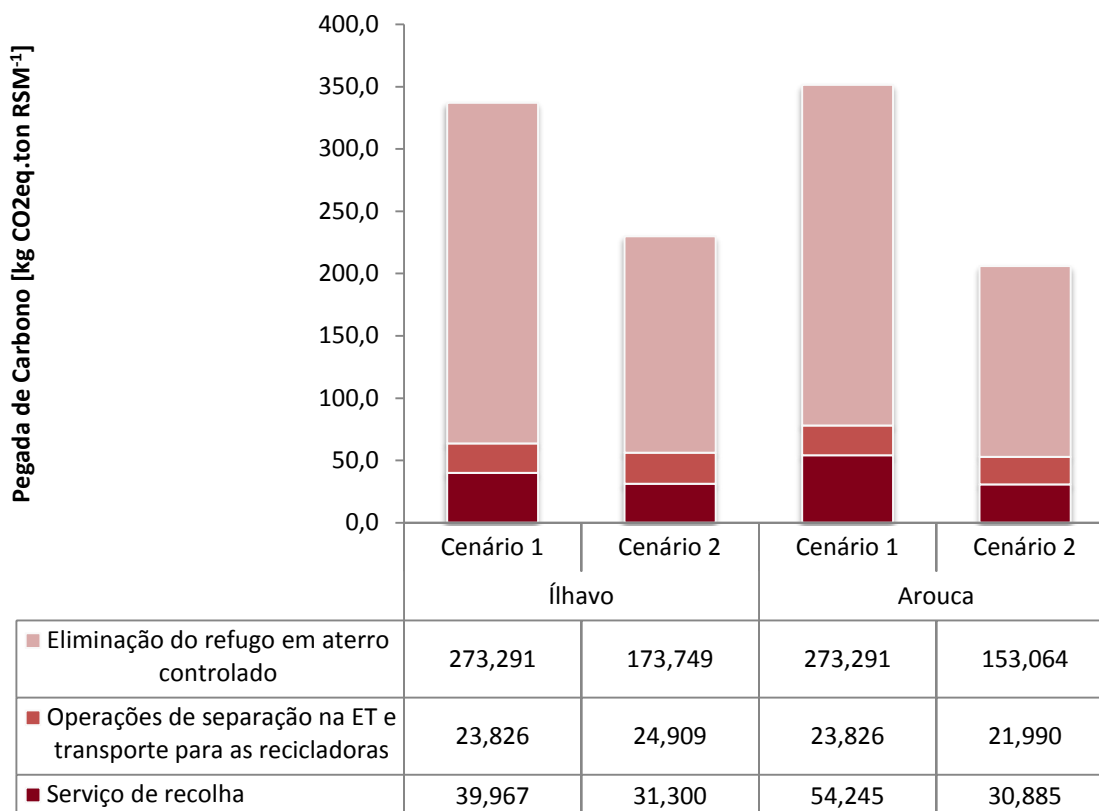


Figura 7-3 Pegada de carbono para a gestão de resíduos da recolha selectiva multimaterial nos município de Ílhavo e Arouca para os modelos centralizado e descentralizado.

7.2 ANÁLISE DE INCIDÊNCIA AMBIENTAL

7.2.1 SERVIÇO DE RECOLHA

A análise dos resultados adquiridos mostra que o serviço de recolha dos RSM é responsável pela produção de 40,0 e 54,2 kg de CO_{2eq} por cada tonelada de RSM para os municípios de Ílhavo e Arouca, respectivamente, para o modelo centralizado. Relativamente ao modelo descentralizado, foram produzidos cerca de 31,3 e 30,9 kg de CO_{2eq} por cada tonelada de RSM para os municípios de Ílhavo e Arouca, respectivamente. Sendo assim, o modelo descentralizado apresenta menor pegada de carbono.

As incidências ambientais da pegada de carbono para os diferentes fluxos de resíduos podem ser visualizadas na Figura 7-4 para o modelo centralizado e Figura 7-5, para o modelo descentralizado.

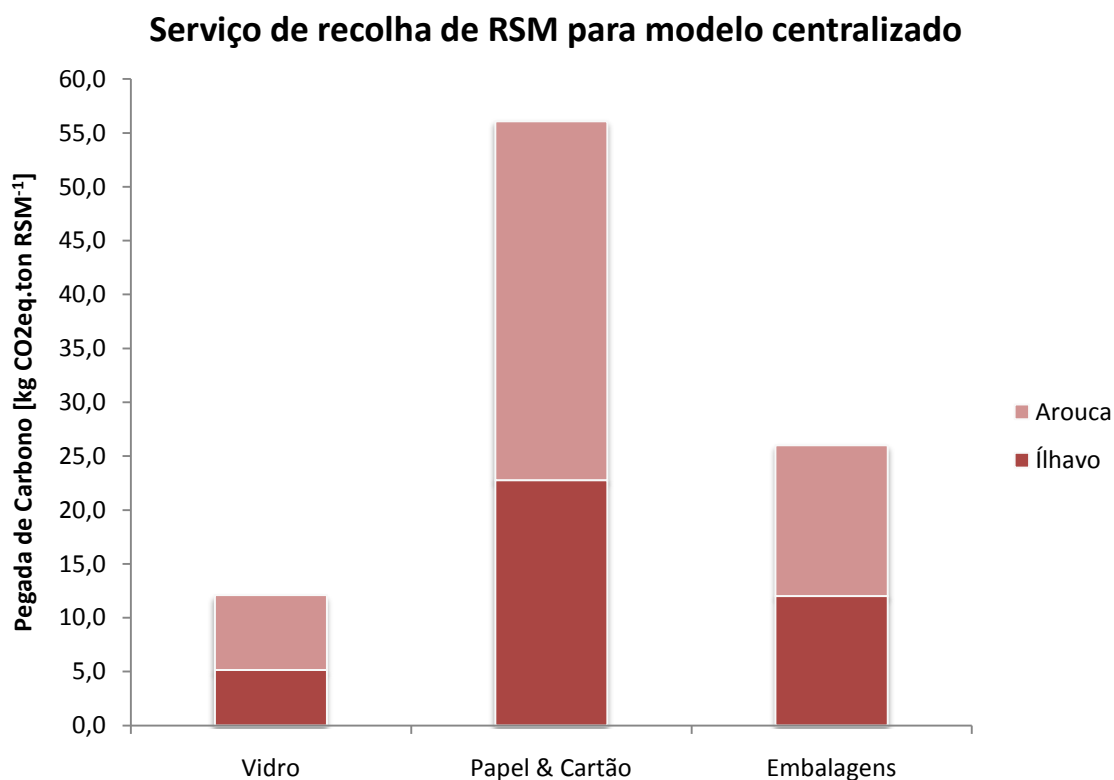


Figura 7-4 Serviço de recolha de RSM para o modelo de gestão centralizado.

Serviço de recolha de RSM para modelo descentralizado

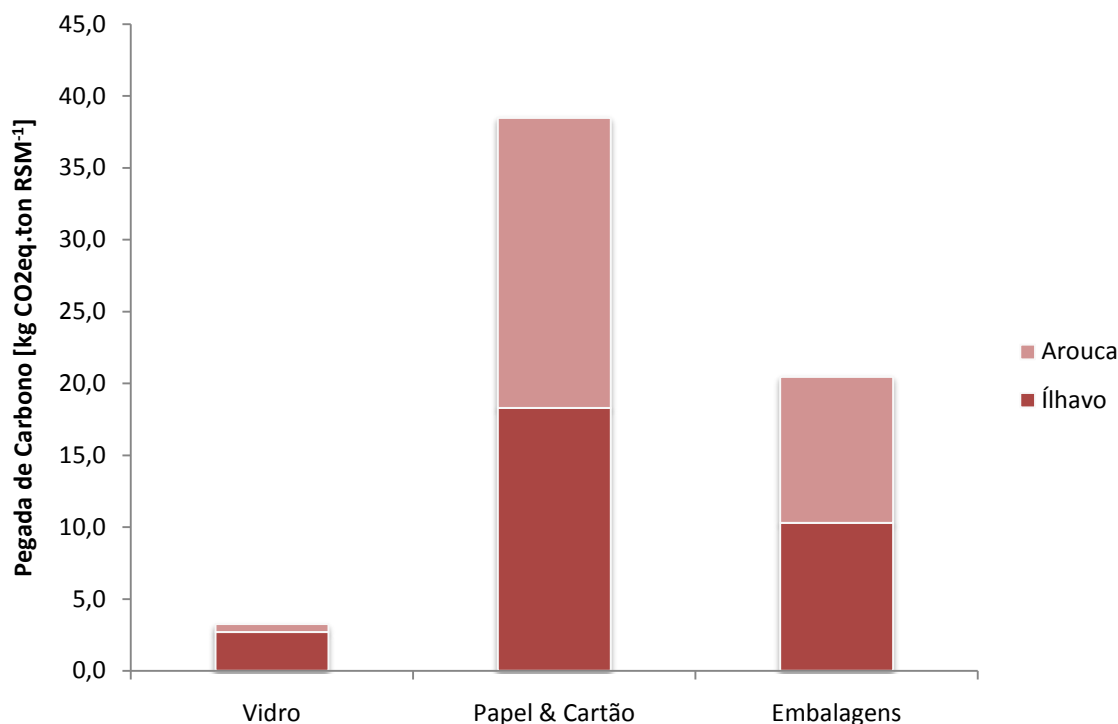


Figura 7-5 Serviço de recolha de RSM para o modelo de gestão descentralizado.

Tendo em conta a importância do tri-fluxo na recolha multimaterial, foi analisada a contribuição da pegada de carbono para o vidro, papel/cartão e embalagens. Apesar de o vidro representar o maior fluxo na recolha dos resíduos, apresenta a menor emissão de CO_{2eq} por ton RSM. É também possível verificar que a maior contribuição para a pegada de carbono advém do serviço de recolha do papel/cartão, justificada através de uma maior distância percorrida por percurso, comparativamente aos restantes fluxos, presente nos dois municípios.

7.2.2 OPERAÇÕES DE SEPARAÇÃO E TRANSPORTE PARA AS RECICLADORAS

A presente fase obteve valores semelhantes entre os dois modelos, baseada fundamentalmente nos serviços de transporte e linha de triagem na ET.

Para o modelo centralizado, esta fase é responsável pela emissão de 23,8 kg CO_{2eq} por ton RSM. Como já foi mencionado anteriormente, os dois casos de estudo assumem o mesmo valor absoluto. Para o modelo descentralizado, é produzido 24,9 e 22,0 kg CO_{2eq} por ton RSM para os municípios de Ílhavo e Arouca, respectivamente.

As incidências ambientais da pegada de carbono para os diferentes processos inseridos nesta fase podem ser visualizadas na Figura 7-6 para o modelo centralizado e Figuras 7-7 e 7-8, para o modelo descentralizado, com referência aos casos de estudo. Os valores são indicados em percentagem.

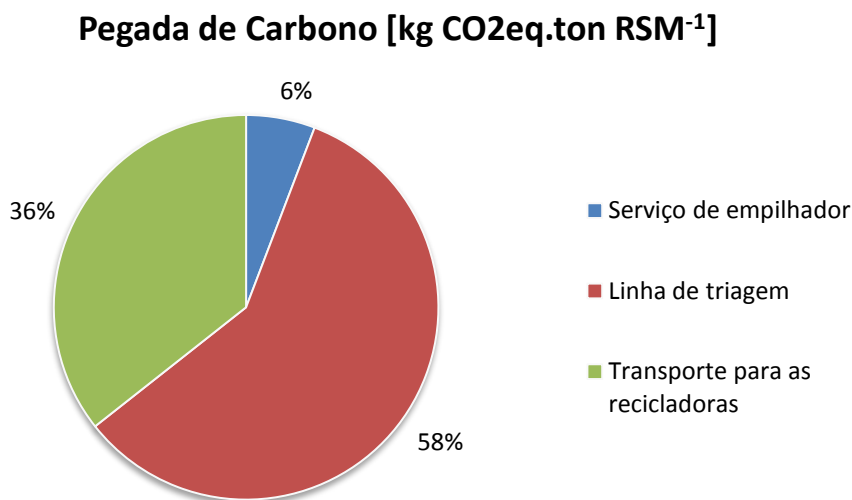


Figura 7-6 Pegada de carbono para a fase de operações de separação e transporte para a Estação de Triagem, localizada no aterro de Aveiro.

No modelo descentralizado, ver Figura 7-7 para Ílhavo e Figura 7-8 para Arouca, o transporte dos materiais compactados para reciclagem, assume quantitativos distintos devido às diferentes distâncias entre as ET's e as indústrias recicladoras.

O processo de linha de triagem representa uma emissão de mais de 50% de CO₂eq por ton RSM para Ílhavo e Arouca. Apesar da eficiência de separação dos resíduos na ET de Ílhavo ser maior do que no modelo centralizado, este apresenta quantitativos maiores de CO₂ relativamente à ton de RSM.

Pegada de Carbono [kg CO₂eq.ton RSM⁻¹]

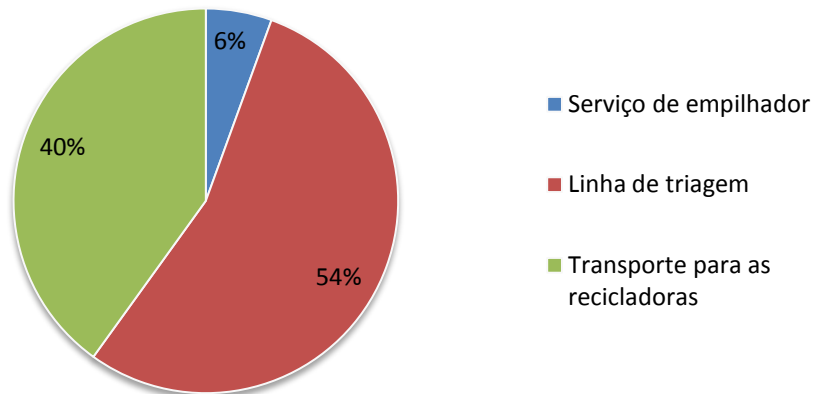


Figura 7-7 Pegada de carbono para a fase de operações de separação e transporte para a Estação de Triagem em Ilhavo.

Pegada de Carbono [kg CO₂eq.ton RSM⁻¹]

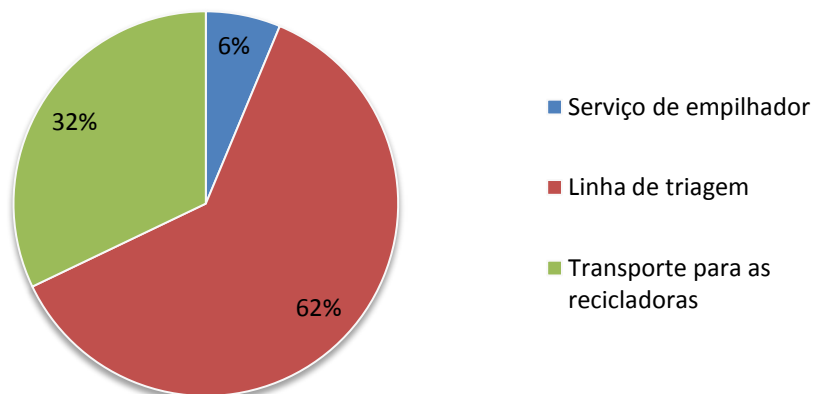


Figura 7-8 Pegada de carbono para a fase de operação de separação e transporte para a Estação de Triagem em Arouca.

7.2.3 ELIMINAÇÃO DO REFUGO EM ATERRO CONTROLADO

A fase de eliminação de refugo em aterro, para o modelo descentralizado, é responsável pela emissão de 273,3 e 153,1 kg de CO₂eq por ton RSM. Neste modelo, ver Figuras 7-9 e 7-10, o transporte de refugo para aterro, localizado em Aveiro, é contabilizado e este adquire maior valor com o afastamento da estação de triagem do aterro.

Pegada de Carbono [kg CO₂eq.ton RSM⁻¹]

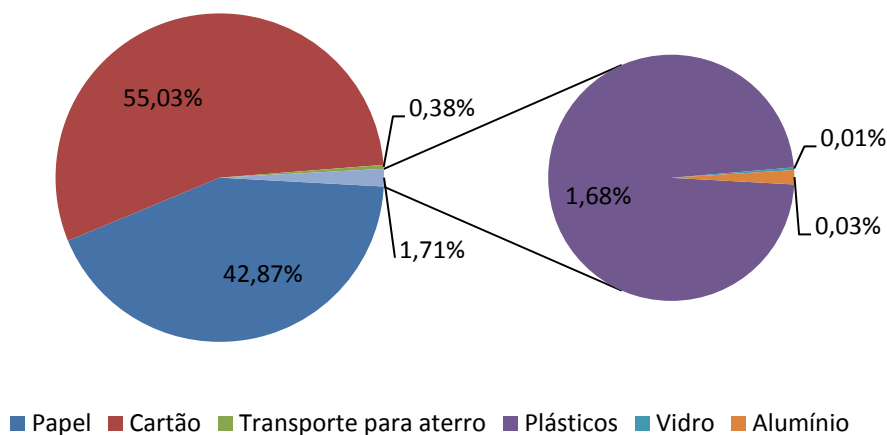


Figura 7-9 Pegada de carbono para a fase de eliminação de refugo em aterro, no modelo descentralizado, para o município de Ílhavo.

Pegada de Carbono [kg CO₂eq.ton RSM⁻¹]

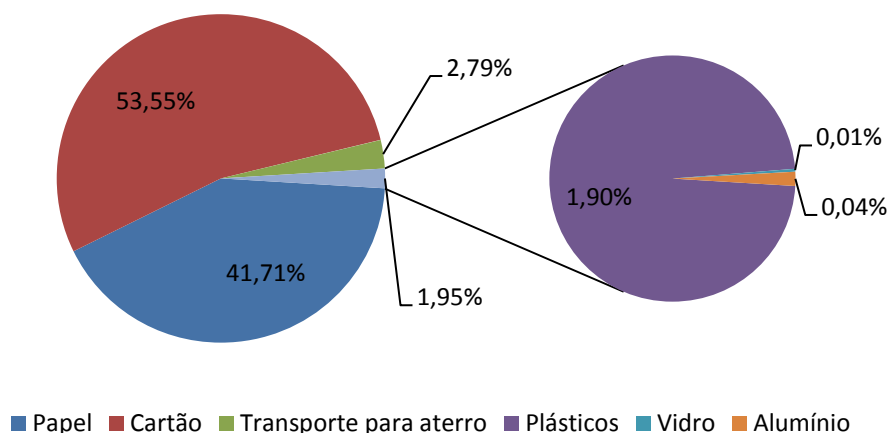


Figura 7-10 Pegada de carbono para a fase de eliminação de refugo em aterro, no modelo descentralizado, para o município de Arouca.

7.2.4 SERVIÇOS DE TRANSPORTE

Com vista a determinar a contribuição dos serviços de transporte das diferentes fases envolvidas no processo de gestão dos RSM (incluindo o transporte de refugo) na pegada de carbono, é calculado o serviço de transporte e a contribuição dos processos (operações de triagem, materiais), para os dois cenários.

Os serviços de transporte podem influenciar significativamente o custo de tratamento e disposição dos resíduos, ver Figura 7-10, representando a segunda maior contribuição para a pegada de carbono do modelo de gestão global de RSM.

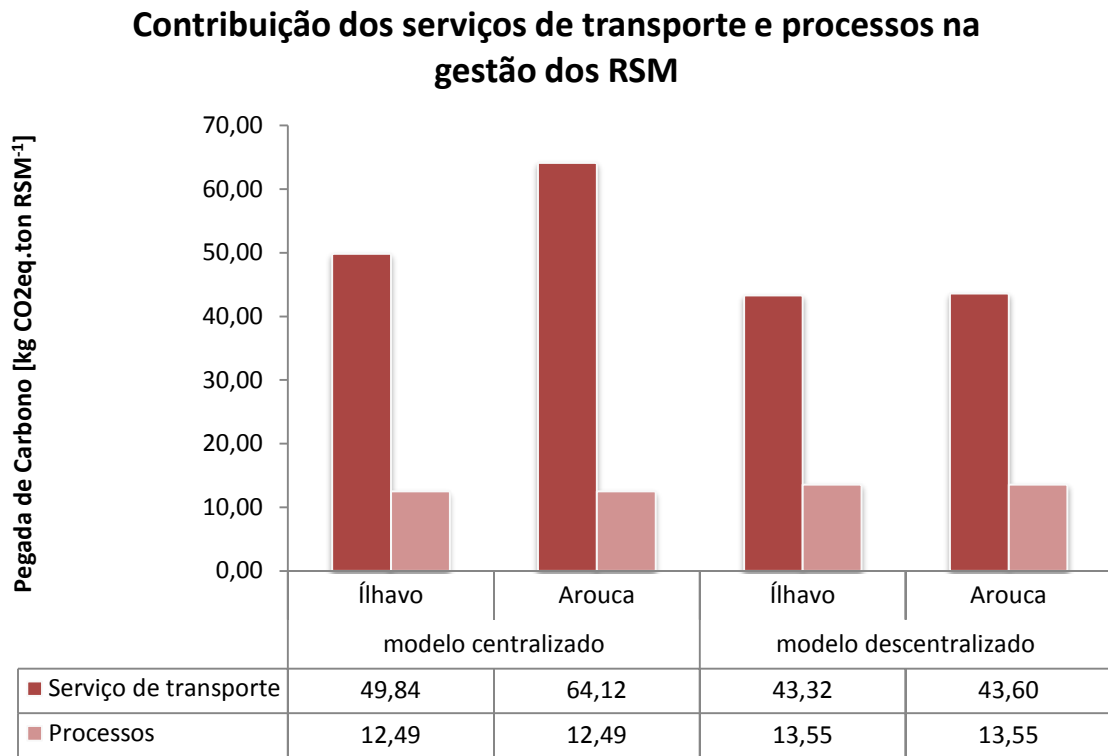


Figura 7-11 Pegada de carbono para os serviços de transporte e processos para os modelos centralizado e descentralizado nos diferentes municípios.

8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

8.1 CONCLUSÕES

A actual política de gestão de resíduos em Portugal é baseada em Sistemas Multimunicipais e Intermunicipais, que se apoiam em sistemas centralizados para o tratamento dos resíduos. O sistema centralizado tem como princípios a gestão multimunicipal dos resíduos e apresenta uma unidade de triagem para a separação de todos os resíduos recolhidos nos municípios do pólo Baixo-Vouga.

Com vista a criar um maior dinamismo nas populações e consequentemente incentivar a reciclagem dos resíduos por parte do cidadão, foi utilizado o conceito de Schumacher (Small is beautiful) para a aplicação de um sistema descentralizado, tendo por base a implementação de várias unidades de triagem distribuídas de igual modo pelos municípios.

A gestão de resíduos da recolha selectiva multimaterial em Ílhavo e Arouca foi escolhida para casos de estudo, por apresentarem diferentes produções de resíduos e serviços de recolha. A gestão de resíduos envolve um conjunto de fases processuais que incluem o serviço de recolha dos resíduos diferenciados no município até à estação de triagem, operações de separação, que incluem a triagem e compactação dos resíduos, o transporte de fardos para as unidades recicladoras (retomadores licenciados) e por fim a eliminação do refugo em aterro controlado.

Para a determinação do impacto ambiental dos dois sistemas foi definida a pegada de carbono como indicador de ACV.

A pegada de carbono está associada à emissão de gases com efeito de estufa (GHG) de processos produtivos, como consequência da utilização de combustíveis fósseis para a produção de electricidade, transportes, etc. O cálculo da pegada de carbono relativo à unidade funcional considerada foi realizado através da identificação das diferentes fases processuais e dos diversos recursos tecnológicos e naturais utilizados. Os dados intrínsecos ao serviço de recolha foram definidos a partir da bibliografia disponível. Factores de processo foram admitidos por estimativa (distâncias) ou arbitrados (consumos de energia de equipamentos, etc.). Outros factores de processo foram adquiridos com base na informação disponibilizada pelo Ecolnvent.

Os resultados obtidos para a pegada de carbono para 1 ton RSM, nos diferentes modelos de gestão são dados pela Tabela 8-1, e para a quantidade total de RSM produzida nos municípios é dada pela Tabela 8-2.

Tabela 8-1 Pegada de carbono para os modelos de gestão centralizado e descentralizado nos municípios de Ílhavo e Arouca

Processo	PC [kg CO _{2eq} ·ton RSM ⁻¹]			
	Ílhavo		Arouca	
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 1	Cenário 2
Serviço de recolha	39,967	31,300	54,245	30,885
Operações de separação na ET e transporte para as recicladoras	23,826	24,909	23,826	21,990
Eliminação do refugo em aterro controlado	273,291	173,749	273,291	153,064
Total	337,084	229,959	351,362	205,939

Nota: Cenário 1 (modelo centralizado), Cenário 2 (modelo descentralizado)

Tabela 8-2 Pegada de carbono relativa à quantidade total de resíduos diferenciados produzidos nos municípios de Ílhavo e Arouca, para os diferentes modelos, no ano 2008.

Município	PC [kg CO _{2eq} ·ano ⁻¹]	
	Cenário 1	Cenário 2
Ílhavo	537.943	366.984
Arouca	201.980	118.384

A análise dos resultados obtidos mostra que a principal incidência de emissão de CO₂ está ligada à eliminação do refugo em aterro para os modelos centralizado e descentralizado.

Relativamente ao processo global, pode-se concluir que a gestão de RSM para os municípios de Arouca e Ílhavo possui menor pegada de carbono no modelo de gestão descentralizado. Este facto leva-nos a concluir que, ao nível da pegada de carbono, o modelo Small is beautiful é uma solução viável ao modelo de gestão actual.

Embora o ICV seja realizado à base de 1 ton RSM, na avaliação final (ACV) pode haver diferenças a registar nas quantidades totais (ton.ano⁻¹) recolhidas entre os cenários, que se traduzem em custos anuais diferentes para a gestão na óptica dos municípios e dos cidadãos, isto é, se o sistema local (descentralizado) for menos eficiente no uso de energia, como a base de incidências da recolha tem uma expectativa de maior eficiência por proximidade ao cidadão, por consequência existirá menor quantidade de resíduos indiferenciados a recolher o que se traduz em menos custos de eliminação.

8.2 LIMITAÇÕES

Com o desenvolvimento do estudo foi visível que a informação dos processos presentes na base de dados do Ecoinvent nem sempre era análoga, podendo ser justificada através de processos que estão baseados em informação transposta de outros locais ou eventual desactualização da informação.

Os estudos de análise de operações de separação que integram as estações de triagem foram condicionados em grande parte pela informação obtida na literatura e não pela situação presente na ERSUC. Não tendo sido adquirida informação sobre a gestão da estação de triagem em Aveiro, as operações de separação admitidas para o processo tiveram como fundamento manuais de construção/operação e sites de fornecedores para equipamentos, podendo ter influenciado de certo modo os resultados. Também não foi possível obter processos específicos, na base de dados do Ecoinvent, que estivessem correlacionados com estações de triagem.

O estudo não teve em conta as infra-estruturas ao nível da construção, manutenção e demolição, devido a falta de informação e partindo do princípio que o impacto é comparativamente pequeno, porém o estudo deveria ter em conta as estruturas no âmbito da aplicação da norma.

A análise de sensibilidade não foi incluída no estudo, porém o âmbito deste incluía a aplicação de uma metodologia de cálculo da pegada de carbono, implementada em folha de cálculo Excel com base em dois casos de estudos aplicados a dois cenários, através de informação bibliográfica disponível, dados introduzidos na base de dados do Ecoinvent v2.1 e estimativas realizadas.

8.3 RECOMENDAÇÕES

Em resultado deste trabalho, aponta-se algumas recomendações para trabalhos futuros:

- Aperfeiçoar alguns dos parâmetros utilizados quer no modelo centralizado quer no modelo descentralizado;
- Aplicação de metodologias para o cálculo de outros indicadores de impacto ambiental, tais como o potencial de acidificação e saúde humana;
- Desenvolver uma metodologia e modelos de análise custo-benefício de forma a integrar também a componente de custo para ajudar na tomada de decisão;
- Aplicação de outros fluxos de resíduos e diferentes sistemas de gestão, visto que não foram utilizados todos os processos, como por exemplo incineração;
- Desenvolver um estudo para determinar as implicações ambientais, económicas e sociais de uma Estação de Triagem a nível municipal;
- Comparação de um modelo de alta tecnologia aplicado às unidades de operação nas Estações de Triagem.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anxo, D.,L. Tomsmark (2009). *Municipal waste management in times of economic downturn – the case of the Växjö Municipality (Sweden)* Växjö, Växjö University, School of Management and Economics.
- APA (2008a). *Caracterização da situação dos Resíduos Urbanos em Portugal continental em 2006*, Agência Portuguesa do Ambiente.
<http://www.apambiente.pt/politicasambiente/Residuos/gestaoresiduos/RU/Documents/Cara%20caracteriza%C3%A7%C3%A3o%20actual.pdf>
- APA (2008b). *Estratégia Nacional de Desenvolvimento Sustentável ENDS 2015*. Lisboa, Agência Portuguesa do Ambiente: 70.
http://desenvolvimentosustentavel.apambiente.pt/EstrategiaNacional/PIENDS/Documents/ENDS2015_Partell.pdf
- Assefa, G.,(2005). *On Sustainability Assessment of Technical Systems* Stockholm, Royal Institute of Technology, Department of Chemical Engineering.
- Bulleid, R. (2005). *Small is beautiful - Against a backdrop of solid growth in the world's equity markets last year, a focus on smaller companies paid dividends for SRI investors*. Environmental Finance. US.
- BSI (2008). *Guide to PAS 2050 - How to assess the carbon footprint of goods and services*, BSI – British Standards, Carbon Trust, DEFRA, London, Department for Environmental, Food and Rural Affairs.
- Carreira, L.,(2007). *Planeamento Estratégico na Gestão de Resíduos: Enquadramento comunitário e nacional - Os diversos Instrumentos de Planeamento* Lisboa, Agência Portuguesa do Ambiente.
- CCE, (2005). *Estratégia Temática de Prevenção e Reciclagem de Resíduos*. Bruxelas: 35.
<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2005:0666:FIN:PT:PDF>
- Chariar, V. M.,I. I. o. Technology (2000). *Rural Industrialisation: Challenges and Projects* New Delhi, India, Centre for Rural Development and Technology.
<http://web.iitd.ac.in/~vmchariar/>

Commission, E. (2008). *Lisbon Strategy: Between revolution and illusion - The governance challenge for knowledge policies*. 48 DOI: 10.2777/71850.
http://www.estrategiadelisboa.pt/Document/2008_LEG_Lisbon_Strategy.pdf

Craig, C., Prince, T., Davenport, L. (2003). *Material Recovery Facility Handbook*. Tennessee, RMTC.

Curran, M. A. (2006). *Life Cycle Assessment: Principles and Practise*. SAIC. Cincinnati, OH, U.S. Environmental Protection Agency.

Diaz, L. F., Savage, G. M., Eggerth, L. L. , Golueke, C. G. (1993). *Composting and Recycling Municipal Solid Waste*. I. CalRecovery. California, Lewis Publishers. 19-31.

Decreto-Lei n.º178/2006, de 5 Setembro, relativo ao regime geral da gestão dos resíduos.

Decreto-Lei n.º99/2005, de 21 de Junho, relativo ao âmbito da política comum dos transportes.

DN (2009). "*Ponto Verde deixa plásticos mistos para evitar falência*." Diário de Notícias: 1.
http://www.cienciapt.net/pt/index.php?option=com_content&task=view&id=100151&Itemid=302

Dolceta (2010). "*Aquisição de serviços de recolha de resíduos*" Online Consumer Education.
<http://www.dolceta.eu/portugal/Mod6/spip.php?article262>

Dubanowitz, A. J.,N. J. Themelis (2000). *Design of a Materials Recovery Facility (MRF) for Processing the Recyclable Materials of New York City's Municipal Solid Waste* New York, Columbia University,Department of Earth and Environmental Engineering.

EPA (1991). *Material Recovery Facility for Municipal Waste*. Washington, Peer Consultants, P.C.

Eriksson, O.,(2003). *Environmental and Economic Assessment of Swedish Municipal Solid Waste Management in a Systems Perspective* Stockholm, Royal Institute of Technology, Department of Chemical Engineering and Technology.

ERSUC, (2008). *Plano Multimunicipal de Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos Aveiro*, ERSUC Resíduos Sólidos do Centro, SA.

Eurostat, (2009). *Generation and treatment of waste*, Eurostat.

Ferreira, J. F. (2004). *Descrição Geral de Análise de Ciclo de Vida. Análise Ciclo de Vida dos Produtos*. Viseu, Instituto Politécnico de Viseu. 9-12.

<http://www.estv.ipv.pt/PaginasPessoais/jvf/Gestão%20Ambiental%20-%20Análise%20de%20Ciclo%20de%20Vida.pdf>

Frischknecht, R., Jungbluth, N., Althaus, H. J., Doka, G., Dones, R., Hellweg, S. (2005). *The ecoinvent Database: Overview and Methodological Framework*. The International Journal of Life Cycle Assessment: 3-9.

<http://www.springerlink.com/content/v38257785423m3u5/>

Hischier, R., Althaus, H. J. , Richter, G. K., Zimmermann, M. ,EMPA (2002). *ecoinvent - Switzerland's life cycle inventory database*, Swiss Centre for Life Cycle Inventories.

<http://www.ecoinvent.org/documentation/presentations/>

Holdings, M.,M. W. H. Ltd (2007). *A Guide to the Materials Recovery Facility (MRF) Liverpool*, The Bidston Integrated Waste Management Facility.

<http://www.liverpool.gov.uk/Images/tcm21-105499.pdf>

INR,d. O. d. T. e. d. D. R. Ministério do Ambiente (2005). *Plano de Intervenção de Resíduos Sólidos Urbanos e Equiparados* Lisboa, Instituto dos Resíduos.

Klang, A. G.,(2005). *Sustainable Waste Management – methods and framework for analysis* Trondheim, Norwegian University of Science and Technology,Department of Hydraulic and Environmental Engineering.

Levy, J. Q., Cabeças, A. J. (2006). *Remoção selectiva. Resíduos Sólidos Urbanos - Princípios e Processos*. Lisboa, Associação das Empresas Portuguesas para o Sector do Ambiente (AEPISA). 77-94.

Lusa (2009). "*Fundo corta previsões de crescimento para Portugal em 2008 e 2009.*" LUSA - Agência de Notícias de Portugal, S.A.

<http://noticias.sapo.pt/lusa/artigo/d8549b3354c420d2b5510e.html>

Martinho, M. G., Gonçalves, M. G. (2002). *Gestão de Resíduos*. Lisboa, Universidade Aberta.

Matos, M. A., Pereira, F. J. (2003). *Operações de Gestão e Processos. Tratamento e Gestão de Resíduos Sólidos*. Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento da Universidade de Aveiro. 10-13.

Matos, M. A. (2009). *Estudo da Pegada de Carbono de Óleo Vegetal Alimentar*, Universidade de Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento.

- Monteiro, J. F. (2009a). *Os SIG aplicados à gestão da recolha de resíduos urbanos*, Universidade de Aveiro, Departamento de Ambiente e Ordenamento do Território.
- Alves, R., Monteiro, M. (2009b). *Estratégia Nacional de Resíduos* Lisboa, Instituto Superior Técnico, Engenharia do Ambiente.
- Moraes, G. I.,M. Serra (2003).*A Importância e a Atualidade do Pensamento de E.F.Schumacher* Paraná, Universidade Federal do Paraná,Departamento de Economia.
- NP EN ISSO 14040:1997, (2005). *Gestão Ambiental. Avaliação de Ciclo de Vida. Princípios e Enquadramento*. Versão Portuguesa, Norma Europeia. ISSO International Organization for Standartization.
- Oliveira, J. F., Mendes, B., Lapa, N. (2009). Resíduos Sólidos Urbanos. *Resíduos - Gestão, Tratamento e sua Problemática em Portugal*. Lisboa, LIDEL - Edições Técnicas, Ida.
- PAS 2050:2008 (2008). *Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services* London, Department for Environmenta, Food and Rural Affairs (Defra).
- PERSU, (2007). *Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2007-2016*. Lisboa, Longoalcance, Gestão de imagem e Comunicação Lda.: 25-28, 31-35, 63-74, 75-84, 107-109.
- Pietikäinen, V.,P. Wramner (2008). *Look beyond the bin! – Solid waste management and recycling at the Asian Institute of Technology* Södertörn, Södertörn University College,Department of Life Sciences.
- REMONDIS AG, K. U. (2010). "*Recycling bleibt oberste Priorität.*" REMONDIS AKTUELL: 8-9.
http://www.remondis.de/uploads/tx_3spdfs/rem_aktuell_1_09_dt_final_01.pdf
- Reynolds, A. (2005). "*China: World leader in PE film production* " Applied Markets Information Ltd:
1. <http://www2.amiplastics.com/PressReleases/newsitem.aspx?item=1000044>
- Sherman, L. M. (2010). "*Higher prices going into 2010 - PE prices move up.*" AllBusiness: 1.
<http://www.allbusiness.com/chemicals/plastics-rubber-industry-resins/13856279-1.html>
- Spielman, M., Bauer, C. (2007) *Transport Systems – Ecoinvent Centre*, Swiss Center for Life Cycle, Dübendorf.

SPV (2010). "Resíduos ganham mercado." Recicla: 5.

<http://www.pontoverde.pt/indexpv.asp?opc=itsnomobile>

Tavares, J. M., M. A. Dinis (2004). *Caracterização de Resíduos de Embalagens da Estação de Triagem do Vale do Sousa* Porto, Universidade Fernando Pessoa, Engenharia do Ambiente.

Tchobanoglous, G., Samuel, A., Theisen, H. (1993). *Integrated Solid Waste Management*. I. Editions. California, McGraw-Hill.

Todd, N. J. (2006). "Biografia de E. F. Schumacher." Quintus.

<http://movv.org/2006/08/21/biografia-de-e-f-schumacher/>

USEPA, (2001). *Environmental Protection Agency and Science Applications International Corporation. LCAccess - LCA 101*. U.S.

<http://www.epa.gov/ORD/NRMRL/lcaccess/lca101.htm>

Links Consultados:

APA, Agência Portuguesa do Ambiente, <http://www.apambiente.pt/>, 20/11/2009

Ecoinvent, ecoinvent Centre Portal, <http://www.ecoinvent.org/>, 15/11/2009

ERSUC, ERSUC – Resíduos Sólidos Urbanos, S.A. <http://www.ersuc.pt/web/>,

Eurostat, eurostat – Your key to European statistics, <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>, 05/12/2009

Rudnick, Rudnick & Enners – Maschinen und Anlagenbau GmbH, <http://www.rudnick-enners.com/>,
30/03/2010

Scania, Scania Portugal, <http://www.scania.pt/>, 15/04/2010

SPV, Sociedade Ponto Verde, <http://www.pontoverde.pt/>, 02/01/2010

SPVnet, Sociedade Ponto Verde – SPVnet, <http://www.spvnet.net/>, 12/02/2010

ViaMichelin. <http://www.viamichelin.com/web/Maps>, 10/02/2010

Anexo A – Principais categorias de impacto na ACV

Impact Categories Impact Category	Scale	Examples of LCI Data (i.e. classification)	Common Possible Characterization Factor	Description of Characterization Factor
Global Warming	Global	Carbon Dioxide (CO ₂) Nitrogen Dioxide (NO ₂) Methane (CH ₄) Chlorofluorocarbons (CFCs) Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) Methyl Bromide (CH ₃ Br)	Global Warming Potential	Converts LCI data to carbon dioxide (CO ₂) equivalents Note: global warming potentials can be 50, 100, or 500 year potentials.
Stratospheric Ozone Depletion	Global	Chlorofluorocarbons (CFCs) Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) Halons Methyl Bromide (CH ₃ Br)	Ozone Depleting Potential	Converts LCI data to trichlorofluoromethane (CFC-11) equivalents.
Acidification	Regional Local	Sulfur Oxides (SO _x) Nitrogen Oxides (NO _x) Hydrochloric Acid (HCL) Hydroflouric Acid (HF) Ammonia (NH ₄)	Acidification Potential	Converts LCI data to hydrogen (H ⁺) ion equivalents.
Eutrophication	Local	Phosphate (PO ₄) Nitrogen Oxide (NO) Nitrogen Dioxide (NO ₂) Nitrates Ammonia (NH ₄)	Eutrophication Potential	Converts LCI data to phosphate (PO ₄) equivalents.
Photochemical Smog	Local	Non-methane hydrocarbon (NMHC)	Photochemical Oxidant Creation Potential	Converts LCI data to ethane (C ₂ H ₆) equivalents.
Terrestrial Toxicity	Local	Toxic chemicals with a reported lethal concentration to rodents	LC50	Converts LC50 data to equivalents; uses multi-media modeling, exposure pathways.
Aquatic Toxicity	Local	Toxic chemicals with a reported lethal concentration to fish	LC50	Converts LC50 data to equivalents; uses multi-media modeling, exposure pathways.
Human Health	Global Regional Local	Total releases to air, water, and soil.	LC50	Converts LC50 data to equivalents; uses multi-media modeling, exposure pathways.
Resource Depletion	Global Regional Local	Quantity of minerals used Quantity of fossil fuels used	Resource Depletion Potential	Converts LCI data to a ratio of quantity of resource used versus quantity of resource left in reserve.
Land Use	Global Regional Local	Quantity disposed of in a landfill or other land modifications	Land Availability	Converts mass of solid waste into volume using an estimated density.
Water Use	Regional Local	Water used or consumed	Water Shortage Potential	Converts LCI data to a ratio of quantity of water used versus quantity of resource left in reserve.

(Fonte: Curran, 2006)

Anexo B – Especificações gerais dos processos Ecoinvent v2.1

A1 – Veículo de transporte de 25 m³

Unit Process Raw Data			
operation, lorry 3.5-16t, fleet average			
	includedProcesses	generalComment	PC [kg CO _{2eq} .vkm ⁻¹]
1915	Fuel consumption is included. Direct airborne emissions of gaseous substances, particulate matters and heavy metals are accounted for. Particulate emissions comprise exhaust- and abrasions emissions. Heavy metal emissions to soil and water caused by tyre.	Average data for the operation of an average European lorry (fleet average) in the year 2005, comprising various emission technologies.	0,6384

A2 – Veículo de transporte de carga efectiva de 60 m³

Unit Process Raw Data			
operation, lorry 20-28t, fleet average			
	includedProcesses	generalComment	PC [kg CO _{2eq} .vkm ⁻¹]
1921	Fuel consumption is included. Direct airborne emissions of gaseous substances, particulate matters and heavy metals are accounted for. Particulate emissions comprise exhaust- and abrasions emissions. Heavy metal emissions to soil and water caused by tyre abrasion are included as well.	Average data for the operation of an average Swiss lorry (fleet average) in the year 2005, comprising various emission technologies.	0,9296

A3 – Transporte de resíduos com empilhador

Unit Process Raw Data			
operation, van < 3,5t			
	includedProcesses	generalComment	PC [kg CO _{2eq} .vkm ⁻¹]
5743	Fuel consumption is included. Direct airborne emissions of gaseous substances, particulate matters and heavy metals are accounted for. Particulate emissions comprise exhaust- and abrasions emissions. Hydrocarbon emissions include evaporation. Heavy metal emissions to soil and water caused by tyre abrasion are accounted for.	Average data for the operation of an average van (fleet average) in Europe in the year 2005, comprising various emission technologies.	0,2834

A4 – Produção de arame de aço para o enfardamento dos resíduos

Unit Process Raw Data			
sheet rolling, steel			
	includedProcesses	generalComment	PC [kg CO _{2eq} .kg ⁻¹]
1174	Includes the process steps continuous pickling line, cold rolling, annealing, tempering, inspecting and finishing, packing coils or sheets, roll maintenance. Does not include the material being rolled	This process is to be used only for un- and low-alloyed steel. For many applications, the products of hot rolling are unsatisfactory, e.g., with respect to cross section, surface quality, dimensional accuracy, and general finish, so that cold rolling is necessary. Cold rolled products are mainly strips and sheets with high quality surface finish and precise metallurgical properties for use in high specification products.	0,3561

A5 – Produção de electricidade na rede de média voltagem em Portugal

Unit Process Raw Data			
electricity, medium voltage, production PT, at grid			
	includedProcesses	generalComment	PC [kg CO _{2eq} .kWh ⁻¹]
660	Included are the electricity production in Portugal, the transmission network and direct SF6-emissions to air. Electricity losses during medium-voltage transmission and transformation from high-voltage are accounted for.	This dataset describes the transformation from high to medium voltage as well as the transmission of electricity at medium voltage.	0,6294

A6 – Refugo do papel para aterro

Unit Process Raw Data			
disposal, paper, 11.2% water, to sanitary landfill			
	includedProcesses	generalComment	PC [kg CO _{2eq} .kg ⁻¹]
2228	Waste-specific short-term emissions to air via landfill gas incineration and landfill leachate. Burdens from treatment of short-term leachate (0-100a) in wastewater treatment plant (including WWTP sludge disposal in municipal incinerator). Long-term emissions from landfill to groundwater (after base lining failure).	waste composition (wet, in ppm): upper heating value 16.61 MJ/kg; lower heating value 14.12 MJ/kg; H ₂ O 110830; O 378670; H 53852; C 404000; S 1406.7; N 3756.6; P 112.95; B 17.19; Cl 1837.5; Br n.a.; F 19.468; I n.a.; Ag 0.047733; As 2.0485; Ba 114.24; Cd 1.6629; Co 0.7359; Cr 14.461; Cu 60.893; Hg 0.13902; Mn 40.221; Mo 4.2976; Ni 9.4431; Pb 80.374; Sb 0.70911; Se 2.5786; Sn n.a.; V n.a.; Zn 124.8; Be 0.97413; Sc n.a.; Sr 58.276; Ti 171.9; Tl 1.719; W n.a.; Si 21255; Fe 1188.4; Ca 3438.1; Al 12391; K 1327.5; Mg 4297.6; Na 918.83; Share of carbon in waste that is biogenic 100%. Overall degradability of waste during 100 years: 27%.	1,0642

A7 – Refugo do cartão para aterro

Unit Process Raw Data			
disposal, packaging cardboard, 19.6% water, to sanitary landfill			
	includedProcesses	generalComment	PC [kg CO _{2eq} .kg ⁻¹]
2225	Waste-specific short-term emissions to air via landfill gas incineration and landfill leachate. Burdens from treatment of short-term leachate (0-100a) in wastewater treatment plant (including WWTP sludge disposal in municipal incinerator). Long-term emissions from landfill to groundwater (after base lining failure).	waste composition (wet, in ppm): upper heating value 17.91 MJ/kg; lower heating value 15.92 MJ/kg; H ₂ O 104370; O 392680; H 57791; C 433270; S 1776.8; N 2583.5; P n.a.; B n.a.; Cl 7173.3; Br n.a.; F n.a.; I n.a.; Ag n.a.; As 1.168; Ba 57.193; Cd 0.93313; Co 0.91806; Cr 9.2403; Cu 35.113; Hg 0.30131; Mn 95.196; Mo n.a.; Ni 10.64; Pb 28.963; Sb 0.0046044; Se 3.1073; Sn 6.7521; V n.a.; Zn 63.333; Be 1.1299; Sc n.a.; Sr 45.009; Ti n.a.; Tl n.a.; W n.a.; Si n.a.; Fe n.a.; Ca n.a.; Al n.a.; K n.a.; Mg n.a.; Na n.a.; Share of carbon in waste that is biogenic 100%. Overall degradability of waste during 100 years: 32.44%.	1,3660

A8 – Refugo de plástico para aterro

Unit Process Raw Data			
disposal, plastics, mixture, 15.3% water, to sanitary landfill			
	includedProcesses	generalComment	PC [kg CO _{2eq} .kg ⁻¹]
2230	Waste-specific short-term emissions to air via landfill gas incineration and landfill leachate. Burdens from treatment of short-term leachate (0-100a) in wastewater treatment plant (including WWTP sludge disposal in municipal incinerator). Long-term emissions from landfill to groundwater (after base lining failure).	waste composition (wet, in ppm): upper heating value 34.05 MJ/kg; lower heating value 30.79 MJ/kg; H ₂ O 153000; O 73717; H 105910; C 633590; S 1406.7; N 6112; P n.a.; B n.a.; Cl 18131; Br 65.319; F 13.717; I n.a.; Ag n.a.; As 1.7729; Ba 174.03; Cd 75.786; Co 29.478; Cr 38.132; Cu 296.41; Hg 0.79234; Mn 74.574; Mo n.a.; Ni 19.222; Pb 435.81; Sb 40.093; Se 1.9596; Sn 24.453; V 268.88; Zn 521.69; Be 0.46656; Sc n.a.; Sr 82.582; Ti 933.13; Tl 0.37325; W n.a.; Si n.a.; Fe 3476.5; Ca n.a.; Al 186.63; K n.a.; Mg n.a.; Na 1367.5; Share of carbon in waste that is biogenic 0%. Overall degradability of waste during 100 years: 1%.	0,0896

A9 – Refugo de alumínio para aterro

Unit Process Raw Data			
disposal, aluminium, 0% water, to sanitary landfill			
	includedProcesses	generalComment	PC [kg CO _{2eq} .kg ⁻¹]
2215	Waste-specific short-term emissions to air via landfill gas incineration and landfill leachate. Burdens from treatment of short-term leachate (0-100a) in wastewater treatment plant (including WWTP sludge disposal in municipal incinerator). Long-term emissions from landfill to groundwater (after base lining failure).	Inventoried waste contains 100% Alu in MSW; . waste composition (wet, in ppm): H ₂ O n.a.; O n.a.; H n.a.; C n.a.; S n.a.; N n.a.; P n.a.; B n.a.; Cl 4825; Br n.a.; F n.a.; I n.a.; Ag n.a.; As n.a.; Ba n.a.; Cd 3; Co n.a.; Cr n.a.; Cu 8.5; Hg n.a.; Mn n.a.; Mo n.a.; Ni n.a.; Pb 25.5; Sb n.a.; Se n.a.; Sn n.a.; V n.a.; Zn 29; Be n.a.; Sc n.a.; Sr n.a.; Ti n.a.; Tl n.a.; W n.a.; Si n.a.; Fe n.a.; Ca n.a.; Al 995110; K n.a.; Mg n.a.; Na n.a.; Share of carbon in waste that is biogenic 60.4%. Overall degradability of waste during 100 years: 50%.	0,0214

Anexo C – Retomadores - Pré Qualidades

Encontraram-se pré-qualificadas para os Concursos dos diversos materiais, em 2008, as seguintes empresas:

• ECAL

- Baluarte, Lda.
- Benta & Benta, Lda.
- Carmo Benta, Lda.
- Francisco Marques Rodrigues, SA
- J. Nunes & Filhos, Lda.
- Judite Maria Jesus Dias
- Manuel Rodrigues de Almeida & Filhos, SA
- Palmiresíduos, Lda.
- Paulo Couto & Filhos, Lda.
- Quima, Lda.
- R.Ciclo, Lda.
- Recicom, Lda.
- Renascimento, Lda.
- Sociedade de Papel e Cortiça Amarelisa, Lda.

• EPS

- Contraven, SA
- Internorplaste, Lda.
- Plastimar, Lda.

• Filme Plástico

- Ambiente, SA
- Baluarte, Lda.
- Consórcio de Recicladores de Plástico 18-12-2008
- Fábrica de Aglomerados de Plásticos
- Grijótubos, Lda.
- IRP, Lda.
- Micronipol, Lda.
- Sirplaste, SA
- Trinoplás, Lda.

• PEAD

- Absorvalor, Lda.
- Ambiente, SA
- Baluarte, Lda.
- Consórcio de Recicladores de Plástico 18-12-2008
- Cordoplás, S.A.
- Fábrica de Aglomerados de Plástico

- IRP, Lda.
- Micronipol, Lda.
- Sirplaste, SA
- Trinoplás, Lda.
- **PET**
 - Extremadura Torrepet, SL
 - Selenis Ambiente, Lda.
- **Plásticos Mistos**
 - Extruplás, Lda.
 - Ligeplas, SL
- **Madeira**
 - Ecociclo, SA
 - Indústrias Jomar Madeiras e Derivados, SA
 - Renascimento, Lda.
 - Revalor, Lda.
 - Transucatas, SA
- **Metal - Metais Ferrosos e Não Ferrosos de Recolha Selectiva**
 - Ambitrena, SA
 - Batistas, SA
 - Centro de Reciclagem de Palmela, SA
 - Constantino Fernandes Oliveira & Filhos, SA
 - Francisco Baptista, Lda.
 - O2 - Tratamento e Limpezas Ambientais, SA
 - Purus, SA
 - Recial - Reciclagem de Alumínios, SA
 - Recifemetal, SA
 - Riometais, SA
 - RSA - Reciclagem de Sucatas Abrantina, SA
 - Sucatas de Ramil, Lda.
 - Transucatas, SA
- **Metal - Escórias Não Ferrosas**
 - Ambitrena, SA
 - Batistas, SA
 - Centro de Reciclagem de Palmela, SA
 - Constantino Fernandes Oliveira & Filhos, SA
 - O2 - Tratamento e Limpezas Ambientais, SA
 - Purus, SA
 - Recial - Reciclagem de Alumínios, SA
 - Recifemetal, SA
 - RSA - Reciclagem de Sucatas Abrantina, SA
 - Sucatas de Ramil, Lda.
 - Transucatas, Lda.
- **Vidro**

- BA Vidro, SA
- Gallovidro, SA
- RREV Consórcio - Reciclagem de Resíduos de Embalagens de Vidro
- Saint Gobain Mondego, SA
- Santos Barosa Vidros, SA
- Sotancro Embalagem de Vidro, SA

• **Metal - Escórias Ferrosas**

- Ambitrena, SA
- Batistas, SA
- Centro de Reciclagem de Palmela, SA
- Constantino Fernandes Oliveira & Filhos, SA
- O2 - Tratamento e Limpezas Ambientais, SA
- Recial - Reciclagem de Alumínios, SA
- Recifemetal, SA
- RSA - Reciclagem de Sucatas Abrantina, SA
- Sucatas de Ramil

• **Papel/Cartão**

- A.S. Simões, Lda.
- Baluarte, Lda.
- Benta & Benta, Lda.
- Carmo Benta, Lda.
- Cemopol, Lda.
- Ecociclo - Energia Ambiente, SA
- Fábrica de Papel Ponte Redonda, SA
- Francisco Baptista, Lda.
- Francisco Marques Rodrigues, SA
- J. Nunes & Filhos, Lda.
- João Manuel Carvalho Dias, Lda.
- Judite Maria Jesus Dias
- Manuel Rodrigues de Almeida & Filhos, SA
- Nor-Gompapel, SA
- Palmiresíduos, Lda.
- Papeleira Portuguesa, S.A.
- Paulo Couto & Filhos, Lda.
- Quima, Lda.
- R.Ciclo, Lda.
- Recicom, Lda.
- Renascimento, Lda.
- Renova, SA
- Revalor, Lda.
- Sociedade de Papel e Cortiça Amarelisa, Lda.
- Transucatas, SA

(Fonte: http://www.spvnet.net/concursos_retomadores.asp?action=view&concurso=pretomadores)

Anexo D – Dados de inventário para o cenário 1

Nome	Quantidade	Unidade
Unidade funcional		
1 Ton de Resíduos Sólidos urbanos da recolha selectiva multimaterial	1	ton RSM
Quantidade global de resíduos recolhidos por fileira, pela ERSUC		
<i>Resíduos</i>		
Vidro	15936	ton vidro recolhido
Papel/Cartão	12073	ton papel&cartão recolhido
Embalagens	4335	ton embalagens recolhido
<i>Fracção mássica (ω_{iR})</i>		
Vidro	0,49	ton vidro recolhido. ton RSM ⁻¹
Papel/Cartão	0,37	ton papel&cartão recolhido. ton RSM ⁻¹
Embalagens	0,13	ton embalagens recolhido. ton RSM ⁻¹
Quantidade global de resíduos diferenciados, enviados pela SPV para as recicladoras		
<i>Resíduos</i>		
Vidro	15911	ton vidro enviado
Papel/Cartão	4943	ton papel&cartão enviado
Plástico	2185	ton plástico enviado
Metais Ferrosos	350	ton metais enviado
Alumínio	11,2	ton aluminio enviado
<i>Fracção mássica (ω_{iR})</i>		
Vidro	0,68	ton vidro enviado. ton RSM ⁻¹
Papel/Cartão	0,21	ton papel&cartão enviado. ton RSM ⁻¹
Plástico	0,09	ton plástico enviado. ton RSM ⁻¹
Metais Ferrosos	0,01	ton metal enviado. ton RSM ⁻¹
Alumínio	5E-04	ton aluminio enviado. ton RSM ⁻¹
Eficiência de triagem dos resíduos na ET		
Vidro	0,998	ton vidro enviado. ton vidro recolhido
Papel/Cartão	0,410	ton papel&cartão separado. ton papel&cartão recolhido
Plástico	0,554	ton plástico separado. ton plástico recolhido
Metais Ferrosos	0,926	ton metal separado. ton metal recolhido
Alumínio	0,966	ton aluminio separado. ton aluminio recolhido

Nome	Quantidade	Unidade
<i>Densidade nos ecopontos</i>		
Vidro	0,20	ton vidro recolhido · m ⁻³
Papel/Cartão	0,12	ton papel&cartão recolhido · m ⁻³
Embalagens	0,10	ton embalagem recolhida · m ⁻³
<i>Densidade dos fardos de resíduos</i>		
Papel/Cartão	0,51	ton papel&cartão compactado · m ⁻³
Plástico misto	0,45	ton plástico misto compactado · m ⁻³
Embalagens de alumínio	0,48	ton alumínio compactado · m ⁻³
Embalagens de metais ferrosos	0,72	ton metal compactado · m ⁻³
Densidade do vidro no transportador	0,59	ton vidro em transportador · m ⁻³
Volume médio de um fardo de resíduos	1,36	m ³
Sistemas de Transporte		
<i>Veículo de recolha de resíduos (especificações técnicas)</i>		
Largura do chassis	2,6	m
Altura do veículo	4	m
Altura do contentor (carga)	1,91	m
Distância entre a retaguarda do veículo e a parte dianteira do semi-reboque	7,85	m
Distância entre o eixo da cavilha de engate e a retaguarda do semi-reboque	6,11	m
Capacidade volumétrica admissível (carga)	30,34	m ³
Peso bruto total (dois eixos)	16	ton
<i>Veículo de transporte de fardos (especificações técnicas)</i>		
Largura do chassis	2,6	m
Altura do veículo	4	m
Altura do contentor (carga)	2,6	m
Distância entre a retaguarda do veículo e a parte dianteira do semi-reboque	10,41	m
Distância entre o eixo da cavilha de engate e a retaguarda do semi-reboque	8,61	m
Capacidade volumétrica admissível (carga)	58,20	m ³
Peso bruto total (três eixos)	28	ton
<i>Serviço de empilhador na Estação de Triagem</i>		
Consumo de diesel horário	2	l _{diesel} · h ⁻¹
Quantidade de diesel necessário para 100km	8,2	l _{diesel} · 100km ⁻¹
Equivalente consumo quilométrico	12,2	km · l _{diesel} ⁻¹
Carga do transportador interno de resíduos	5	ton · veículo ⁻¹
Horas de serviço diária	5	h · dia ⁻¹

Nome	Quantidade	Unidade
Distâncias		
<i>Ílhavo</i>		
<i>Serviço de recolha</i>		
Vidro	39,76	km.ton ⁻¹
Papel/Cartão	139,25	km.ton ⁻¹
Embalagens	170,69	km.ton ⁻¹
<i>Arouca</i>		
<i>Serviço de recolha</i>		
Vidro	53,68	km.ton ⁻¹
Papel/Cartão	203,5	km.ton ⁻¹
Embalagens	198,52	km.ton ⁻¹
<i>Serviço de transporte, a partir da ET localizada no Aterro de Taboeira para as entidades recicladoras</i>		
Vidro	68	km.ton ⁻¹
Papel/Cartão	47	km.ton ⁻¹
Plástico misto	15	km.ton ⁻¹
Embalagens de alumínio	250	km.ton ⁻¹
Embalagens de metais ferrosos	250	km.ton ⁻¹
Equipamentos		
<i>Tapete de Transporte Inclinado (Drag conveyor)</i>		
Potência eléctrica do equipamento	7,5	kW
Capacidade de processamento	10	ton RSM.h ⁻¹
Consumo Energético	0,75	kWh.ton RSM ⁻¹
<i>Separador Magnético (Magnetic Belt)</i>		
Potência eléctrica do equipamento (Electroímã e motor)	12	kW
Capacidade de processamento	7,5	ton RSM.h ⁻¹
Consumo Energético	1,60	kWh.ton RSM ⁻¹
<i>Tapete de transporte Horizontal (Belt conveyor)</i>		
Potência eléctrica do equipamento	7	kW
Capacidade de processamento	12	ton RSM.h ⁻¹
Consumo Energético	0,58	kWh.ton RSM ⁻¹
<i>Compactador/Enfardador (Baler)</i>		
Potência eléctrica do equipamento	30	kW
Capacidade de processamento	4,5	ton RSM.h ⁻¹
Consumo Energético	6,67	kWh.ton RSM ⁻¹
Quantidade de arame de aço necessária para fazer um fardo	0,005	ton _{arame aço} .unidade fardo ⁻¹
Quantidade de arame de aço necessário para enfardar 1 tonelada de RSM	0,008	ton _{arame aço} .ton RSM ⁻¹

Nome	Quantidade	Unidades
Funcionamento da ET		
Características Gerais		
Horas de laboração diárias	8	h.dia ⁻¹
Dias de laboração semanais	5	dia.semana ⁻¹
Semanas de laboração anual	52	semana.ano ⁻¹
Quantidade de resíduos processados por dia	63,11	ton RSM.dia ⁻¹
Quantidade de resíduos de vidro armazenados por dia	61,29	ton vidro armazenado.dia ⁻¹
Quantidade de resíduos de Papel/Cartão processados por dia	46,43	ton papel&cartão triado.dia ⁻¹
Quantidade de resíduos de Embalagens processados por dia	16,67	ton embalagens triadas.dia ⁻¹
Quantidade de resíduos compactados e enfardados por dia	28,92	ton RSM compactado.dia ⁻¹
Quantidade de refugo enviado para aterro	34,19	ton refugo.ton RSM.dia ⁻¹
Consumo energético da ET (Electricidade Total)	19,60	kWh.ton RSM ⁻¹

Anexo E – Dados de inventário para o cenário 2

Nome	Quantidade	Unidade
Unidade funcional		
1 Ton de Resíduos Sólidos urbanos da recolha selectiva multimaterial	1	ton RSM
Quantidade de resíduos recolhidos nos ecopontos dos municípios		
<i>Ílhavo</i>		
Vidrão	824,30	ton vidro recolhido
Papelão	561,27	ton papel&cartão recolhido
Embalão	210,30	ton embalagens recolhido
<i>Fracção mássica (ω_{iR})</i>		
Vidro	0,52	ton vidro recolhido. ton RSM ⁻¹
Papel/Cartão	0,35	ton papel&cartão recolhido. ton RSM ⁻¹
Embalagens	0,13	ton embalagens recolhido. ton RSM ₁ ⁻¹
<i>Arouca</i>		
Vidrão	329,27	ton vidro recolhido
Papelão	170,43	ton papel&cartão recolhido
Embalão	75,15	ton embalagens recolhido
<i>Fracção mássica (ω_{iR})</i>		
Vidro	0,57	ton vidro recolhido. ton RSM ⁻¹
Papel/Cartão	0,30	ton papel&cartão recolhido. ton RSM ⁻¹
Embalagens	0,13	ton embalagens recolhido. ton RSM ₁ ⁻¹
Quantidade global de resíduos diferenciados, enviados pela SPV para as recicladoras		
<i>Resíduos</i>		
Vidro	15911,1	ton vidro
Papel/Cartão	4943,9	ton papel&cartão
Plástico	2185,5	ton plástico
Metais Ferrosos	349,9	ton metais
Alumínio	11,2	ton alumínio
<i>Fracção mássica (ω_{iR})</i>		
Vidro	0,68	ton vidro enviado. ton RSM ⁻¹
Papel/Cartão	0,21	ton papel&cartão enviado. ton RSM ₁ ⁻¹
Plástico	0,09	ton plástico enviado. ton RSM ⁻¹
Metais Ferrosos	0,01	ton metal enviado. ton RSM ⁻¹
Alumínio	5E-04	ton alumínio enviado. ton RSM ⁻¹

Nome	Quantidade	Unidade
Eficiência de triagem dos resíduos na ET		
Vidro	0,998	ton vidro enviado. ton vidro recolhido
Papel/Cartão	0,600	ton papel&cartão separado. ton papel&cartão recolhido
Plástico	0,750	ton plástico separado. ton plástico recolhido
Metais Ferrosos	0,959	ton metal separado. ton metal recolhido
Alumínio	0,980	ton alumínio separado. ton alumínio recolhido
Propriedades gerais dos resíduos		
<i>Densidade nos ecopontos</i>		
Vidro	0,20	ton vidro recolhido. m ⁻³
Papel/Cartão	0,12	ton papel&cartão recolhido. m ⁻³
Embalagens	0,10	ton embalagem recolhida. m ⁻³
<i>Densidade dos fardos de resíduos</i>		
Papel/Cartão	0,51	ton papel&cartão compactado. m ⁻³
Plástico misto	0,45	ton plástico misto compactado. m ⁻³
Embalagens de alumínio	0,48	ton alumínio compactado. m ⁻³
Embalagens de metais ferrosos	0,72	ton metal compactado. m ⁻³
Densidade do vidro no transportador	0,59	ton vidro em transportador. m ⁻³
Volume médio de um fardo de resíduos	1,36	m ³
Sistemas de Transporte		
<i>Veículo de recolha de resíduos (especificações técnicas)</i>		
Largura do chassis	2,6	m
Altura do veículo	4	m
Altura do contentor (carga)	1,91	m
Distância entre a retaguarda do veículo e a parte dianteira do semi-reboque	7,85	m
Distância entre o eixo da cavilha de engate e a retaguarda do semi-reboque	6,11	m
Capacidade volumétrica admissível (carga)	30,34	m ³
Peso bruto total (dois eixos)	16	ton
<i>Veículo de transporte de fardos (especificações técnicas)</i>		
Largura do chassis	2,6	m
Altura do veículo	4	m
Altura do contentor (carga)	2,6	m
Distância entre a retaguarda do veículo e a parte dianteira do semi-reboque	10,41	m
Distância entre o eixo da cavilha de engate e a retaguarda do semi-reboque	8,61	m
Capacidade volumétrica admissível (carga)	58,20	m ³
Peso bruto total (três eixos)	28	ton

Nome	Quantidade	Unidade
Sistemas de Transporte		
<i>Serviço de empilhador na Estação de Triagem</i>		
Consumo de diesel horário	2	$\text{l}_{\text{diesel}} \cdot \text{h}^{-1}$
Quantidade de diesel necessário para 100km	8,2	$\text{l}_{\text{diesel}} \cdot 100\text{km}^{-1}$
Equivalente consumo quilométrico	12,2	$\text{km} \cdot \text{l}_{\text{diesel}}^{-1}$
Carga do transportador interno de resíduos	5	$\text{ton} \cdot \text{veículo}^{-1}$
Horas de serviço diária	5	$\text{h} \cdot \text{dia}^{-1}$
Distâncias		
<i>Ílhavo</i>		
Distância entre a ET e o Aterro de Taboeira	10	km
<i>Serviço de recolha</i>		
Vidro	19,76	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Papel/Cartão	119,25	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Embalagens	150,69	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Vidro	78	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Papel/Cartão	59	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Plástico misto	26	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Embalagens de alumínio	245	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Embalagens de metais ferrosos	245	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
<i>Arouca</i>		
Distância entre a ET e o Aterro de Taboeira	65	km
<i>Serviço de recolha</i>		
Vidro	3,68	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Papel/Cartão	153,5	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Embalagens	148,42	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
<i>Serviço de transporte para as entidades recicladoras</i>		
Vidro	45	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Papel/Cartão	49	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Plástico misto	46	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Embalagens de alumínio	311	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$
Embalagens de metais ferrosos	311	$\text{km} \cdot \text{ton}^{-1}$

Nome	Quantidade	Unidade
Equipamentos		
<i>Tapete de Transporte Inclinado (Drag conveyor)</i>		
Potência eléctrica do equipamento	3,8	kW
Capacidade de processamento	0,8	ton RSM.h ⁻¹
Consumo Energético	4,75	kWh.ton RSM ⁻¹
<i>Separador Magnético (Magnetic Belt)</i>		
Potência eléctrica do equipamento (Electroímán e motor)	5	kW
Capacidade de processamento	0,8	ton RSM.h ⁻¹
Consumo Energético	6,25	kWh.ton RSM ⁻¹
<i>Tapete de transporte Horizontal (Belt conveyor)</i>		
Potência eléctrica do equipamento	3,5	kW
Capacidade de processamento	1	ton RSM.h ⁻¹
Consumo Energético	3,5	kWh.ton RSM ⁻¹
<i>Compactador/Enfardador (Baler)</i>		
Potência eléctrica do equipamento	7,5	kW
Capacidade de processamento	0,6	ton RSM.h ⁻¹
Consumo Energético	12,5	kWh.ton RSM ⁻¹
Quantidade de arame de aço necessária para fazer um fardo	0,005	ton ₁ arame aço. unidade fardo ⁻¹
Quantidade de arame de aço necessário para enfardar 1 tonelada de RS	0,008	ton ₁ arame aço. ton RSM ⁻¹

Nome	Quantidade	Unidade
Funcionamento da ET para os municípios de Ílhavo e Arouca		
Características Gerais	Ílhavo	Arouca
Horas de laboração diárias	8	8 h.dia ⁻¹
Dias de laboração semanais	3	3 dia.semana ⁻¹
Semanas de laboração anual	52	52 semana.ano ⁻¹
Quantidade de resíduos processados por dia	4,95	1,57 ton RSM.dia ⁻¹
Quantidade de resíduos de vidro armazenados por dia	5,28	2,11 ton ₁ vidro armazenado.dia ⁻¹
Quantidade de resíduos de Papel/Cartão processados por dia	3,60	1,09 ton ₁ papel&cartão triado.dia ⁻¹
Quantidade de resíduos de Embalagens processados por dia	1,35	0,48 ton ₁ embalagens triadas.dia ⁻¹
Quantidade de resíduos enfardados por dia	3,20	1,03 ton RSM compactado.dia ⁻¹
Quantidade de refugo enviado para aterro	1,75	0,55 ton ₁ refugo. ton RSM.dia ⁻¹
Electricidade Total	17,50	17,50 kWh.ton RSM ⁻¹

Anexo F – Entidades recicladoras admitidas para o estudo

Empresas aprovadas pela SGS Portugal, SA para efeitos de retoma do Vidro	
Vidro	BA Vidro SA
	GalloVidro SA
	Saint Gobain Mondego SA
	Santos Barosa, Vidros SA
	Sotancro Embalagem de Vidro SA
	RREV Consórcio - Reciclagem de Resíduos de embalagens de Vidro

Nota: A empresa VidroCiclo, Reciclagem de Resíduos, Lda não ficou aprovada por ausência de documentação, não tendo sido o processo considerado completo.

Empresas aprovadas pela SGS Portugal, SA e RECI PAC para efeitos de retoma do Papel/Cartão	
Papel/Cartão	A.S. Simões, Lda
	João Manuel Carvalho Dias, Lda
	Paulo Couto & Filhos, Lda
	Quima, Lda
	Renascimento, Lda
	Correia e Mendes, Lda
	Francisco Baptista, Lda
	RRI - Recolha de Resíduos Industriais, SA
	Fábrica de Papel Ponte Redonda, SA
	Judite Maria Jesus Dias Lda
	Revalor, Lda

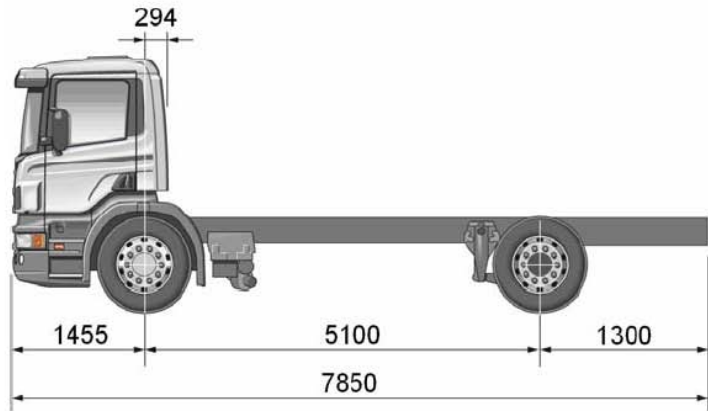
Empresas aprovadas pela SGS Portugal, SA e RECIPAC para efeitos de retoma dos Plásticos		
Plásticos	Ligeplas, S.L (Ecoembalajes España SA)	Plásticos Mistos
	Extruplas, Lda	
	Baluart, Lda (Ecoembalajes España SA)	Filmes Plástico
	Micronipol, Lda	
	Sirplaste, SA	
	Ambiente, SA	
	Trinoplás, Lda	
	IRP, Lda	
	Grijótubos, Lda	
	Fábrica de Aglomerados de Plásticos	
	Adioplast, Lda	
	Baluart, Lda (Ecoembalajes España SA)	
	Micronipol, Lda	
	Sirplaste, SA	
	Ambiente, SA	
	Trinoplás, Lda	
	IRP, Lda	
	Grijótubos, Lda	
	Fábrica de Aglomerados de Plásticos	
	Adioplast, Lda	
Estremadura Torrepet, SL (Ecoembalajes España SA)	PET	
Selenis Ambiente, Lda		
Contravern, SA	EPS	
Plastimar, Lda		

Nota: As empresas Francisco Baptista, Lda, Amarelisa, Lda, Renascimento, Lda e Absorvalor, Lda não foram aprovadas por ausência de documentação, não tendo sido o processo considerado completo.

Empresas aprovadas pela SGS Portugal, SA e FIMET para efeitos de retoma dos Metais	
Metais	Francisco Baptista, Lda
	RSA S.A
	Triu, Lda

Anexo G – Especificações técnicas dos modelos P270 e P310 da Scania

P270

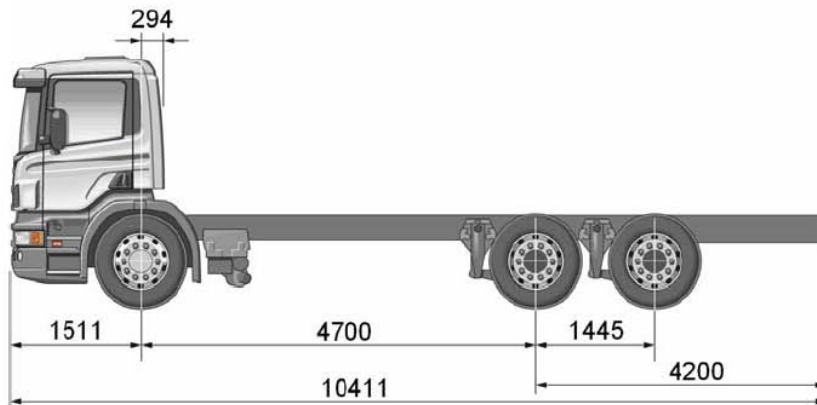


04242-002

Pesos (kg)
Dianteiro
Total
Traseiro

4614
6449
1835

P310



04287-002

Pesos (kg)
Dianteiro
Total
Traseiro

5223
9035
3812