



FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA
UNIVERSIDADE DO PORTO

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2016/2017

**PROJETO DE SISTEMA PAY-AS-YOU-THROW PARA O MUNICÍPIO
DO PORTO**

JOANA MARINHO MANSO

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Presidente do Júri: Cidália Maria de Sousa Botelho

(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador académico: Joana Maia Moreira Dias

(Professora Auxiliar Convidada do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Co-Orientador académico: Manuel Fernando Ribeiro Pereira

(Professor Associado do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador na empresa: Carolina Soares Lucas

(Técnica de Ambiente na Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes da Câmara Municipal do Porto)

julho, 2017

Agradecimentos

À professora Joana Dias, a minha orientadora, por todo o apoio, disponibilidade e preocupação demonstrados ao longo deste semestre e por ter sido incansável.

Ao professor Fernando Pereira, co-orientador desta dissertação, pelas sugestões dadas e pelo apoio ao longo deste tempo.

À Carolina, a minha orientadora na Câmara Municipal do Porto, por acreditar em mim e no meu trabalho, por estar sempre disponível para me ajudar e dar conselhos e por ter sempre uma palavra de encorajamento, mesmo quando o futuro parecia negro. Não me poderia ter calhado melhor pessoa.

Ao Eng^o Hélder, à Mariana, à Sabrina e ao Pessoal do armazém por me receberem de braços abertos durante estes meses e pelos almoços maravilhosos que me proporcionaram.

À Ana, a minha eterna parceirinha de estágio, e ao Héber pela companhia na sala e por partilharem a mesma dor que eu de não haver Internet.

Aos meus amigos pelos momentos de descontração e incentivo demonstrados no decorrer desta tese e por estes anos que vão deixar muitas saudades.

À minha família, em especial aos meus pais, por todo o apoio que me deram e por tudo que me ensinaram não só durante estes meses, mas também durante toda a minha vida.

A todos, o meu sincero Muito Obrigada!

A Prof^ª. Joana Maia Dias, orientadora desta dissertação, é membro integrado do LEPABE – Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia, financiado pelos Projetos (i) POCI-01-0145-FEDER-006939 (Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia, UID/EQU/00511/2013) financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE2020 – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) e por fundos nacionais através da Fundação para a Ciência e a Tecnologia I.P., (ii) NORTE-01-0145-FEDER-000005 – LEPABE-2-ECO-INNOVATION, financiado pelo Fundo Europeu de Desenvolvimento Regional (FEDER), através do COMPETE2020 – Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (POCI) e Programa Operacional Regional do Norte (NORTE2020).



Resumo

Uma das estratégias que tem vindo a ser incentivada com vista à redução da produção de resíduos urbanos e aumento da reciclagem é a implementação do sistema tarifário Pay-As-You-Throw (PAYT) onde a tarifa pretende ser justa e depende diretamente da quantidade de resíduos produzidos e, em particular, não valorizados.

Com este trabalho pretendeu-se analisar a possibilidade de implementar um sistema PAYT no Município do Porto, tendo sido selecionada a zona de Serralves. Para tal, foi realizado um levantamento das soluções tecnológicas disponíveis e principais requisitos assim como um *benchmarking* de casos de aplicação com vista a definir um projeto viável para a sua aplicação. Posteriormente, foi feita uma caracterização mais detalhada da zona piloto com o intuito de alocar o sistema mais adequado às suas especificidades. No final realizou-se, para as soluções definidas, uma análise do sistema tarifário considerando os custos da recolha de resíduos com a implementação do sistema PAYT. Foram adotados dois cenários. No Cenário A considerou-se os custos da recolha seletiva e da recolha indiferenciada e no Cenário B foi considerado apenas o custo da recolha indiferenciada por forma a se aferir o peso das duas componentes. Para cada cenário assumiu-se a existência ou ausência de financiamento para os investimentos associados.

Verificou-se que a fração indiferenciada é a que tem maior peso, cerca de 65% nos custos da recolha. Para o cenário A, e considerando que há financiamento, o valor da tarifa é de 15,40 €/mês. Sem financiamento, o valor é de 19,43 €/mês. Para o cenário B, com financiamento a tarifa é de 9,97 €/mês e sem financiamento é de 11,47 €/mês. O valor pago atualmente, considerando uma cobertura de custos de 100%, é de 8,59 €/mês, significativamente inferior ao estimado para o PAYT. Mesmo considerando uma redução de 30% da produção de resíduos indiferenciados com a implementação do PAYT, a tarifa calculada (Cenário A) é cerca de 60% superior à atual. A tarifa fixa tem um peso relevante pelo que se devem avaliar vias de redução destes custos para permitir atingir a sustentabilidade económica do sistema.

O conjunto das várias etapas de implementação do sistema PAYT tem a duração estimada de um ano, sendo que sua operacionalização deverá coincidir com o início do ano fiscal.

Com os resultados obtidos, conclui-se que a implementação do sistema PAYT no Município do Porto só poderá ser uma solução vantajosa do ponto de vista económico se houver um aumento muito significativo da separação de recicláveis, com conseqüente diminuição dos indiferenciados, assim como uma redução dos custos fixos.

Palavras-chave: PAYT, Resíduos Urbanos, Custos, Sistema Tarifário.

Abstract

One of the strategies that has been stimulated to promote the reduction of municipal waste production and increased recycling is the implementation of the Pay-As-You-Throw (PAYT) tariff system, where the tariff is intended to be fair and depends directly on the quantity of waste produced, and, in particular, not recovered.

This Dissertation aimed to analyze the possibility of the implementation of a PAYT system at the Municipality of Porto, in the *Serralves* area. In order to do so, data was collected about the available technological solutions and main requirements and a benchmarking was conducted on case studies with the purpose of defining a viable project for its application. Afterwards, a more detailed characterization of the pilot zone was made with the intention of allocating the most adequate system to its specificities. In the end, for the defined solutions, the tariff system was analyzed considering the costs of the waste collection with the implementation of PAYT. Two scenarios were adopted. Scenario A considered the costs of the source segregated collection and unsorted collection and Scenario B considered only the cost of unsorted collection, in order to measure the weight of the two components. For each scenario, it was assumed the existence and absence of financing for the associated investments.

It was verified that the unsorted component presented the greatest weight, of about 65%. For scenario A, and considering that there is financing, the value of the tariff is 15.40 € / month. Without financing, the value is 19.43 € / month. For scenario B, with funding, the tariff is 9.97 € / month and without funding is 11.47 € / month. The amount currently paid, considering a 100% cost coverage, is 8.59 € / month, significantly lower than that estimated for PAYT. Even considering a 30% reduction in the production of unsorted waste by PAYT, the calculated tariff (Scenario A) is still about 60% higher than the current one. The fixed cost has a relevant weight so ways of reduction of such costs should be evaluated in order to meet the economic sustainability of the system.

The set of the various stages of implementation of the PAYT system has an estimated duration of one year, and its operation should agree with the beginning of the fiscal year.

With the results obtained, it is concluded that the implementation of the PAYT system in the Municipality of Porto can only be economically feasible if there is a significant separation of recyclables, with the consequent reduction of the unsorted fraction, together with the reduction of the fixed costs.

Keywords: PAYT, Municipal Waste, Costs, Tariff System.

Índice

1.	Introdução.....	1
1.1.	Contextualização do Tema.....	1
1.2.	Âmbitos e Objetivos	2
1.3.	Descrição da Entidade Acolhedora.....	3
1.4.	Organização da Dissertação.....	3
2.	Sistemas PAYT	5
2.1.	Benefícios e Barreiras do PAYT	6
2.2.	Tipos de sistemas PAYT.....	6
2.3.	PAYT em Habitações Multifamiliares	10
2.4.	Tarifas	11
2.4.1.	Tarifa fixa	11
2.4.2.	Tarifa variável.....	12
2.4.3.	Tarifa multicomponentes	12
2.5.	Soluções tecnológicas	12
2.5.1.	RFID	13
2.5.1.1.	Etiquetas	13
2.5.1.2.	Alcance da Frequência	15
2.5.1.3.	RFID e código de barras.....	15
2.5.1.4.	Funcionamento do sistema.....	16
2.5.2.	Soluções com <i>smart-key</i>	17
2.6.	Casos de Estudo	19
2.6.1.	Estados Unidos da América.....	19
2.6.2.	Coreia do Sul	20
2.6.3.	Japão	20
2.6.4.	Europa.....	21
2.6.5.	Portugal.....	22
2.6.6.	Análise global	23
3.	Caracterização do Sistema de Gestão de Resíduos do Município do Porto	24
3.1.	Produção de resíduos	24
3.2.	Sistema de Gestão de Resíduos	26
3.2.1.	Recolha seletiva em ecopontos.....	27
3.2.2.	Recolha seletiva em ecocentros.....	27
3.2.3.	Recolha seletiva porta-a-porta não residencial	28
3.2.3.1.	Recolha seletiva multimaterial	28

3.2.3.2.	Recolha seletiva de orgânicos	28
3.2.4.	Recolha seletiva de verdes.....	28
3.2.5.	Outras recolhas seletivas	28
3.2.6.	Recolha indiferenciada	29
3.3.	Equipamentos de Deposição de Resíduos	29
3.4.	Sistema Tarifário de Resíduos Urbanos.....	31
3.5.	Metas Estabelecidas no PERSU 2020	32
4.	Implementação do sistema PAYT na zona de Serralves	34
4.1.	Caracterização Demográfica.....	34
4.2.	Caracterização Habitacional e Topográfica.....	36
4.3.	Quantitativos de Recolha	37
4.4.	Sistema de Contentorização.....	38
4.5.	Circuitos de Recolha	40
4.6.	Análise de Custos do Sistema de Gestão Atual	41
4.6.1.	Investimento	41
4.6.2.	Custos de exploração	42
4.7.	Implementação do Sistema PAYT.....	43
4.7.1.	Habitações uni/bifamiliares	43
4.7.2.	Habitações multifamiliares	44
4.8.	Reestruturação do Sistema de Gestão Atual.....	45
4.8.1.	Análise de custos	46
4.8.1.1.	Custos de investimentos	46
4.8.1.2.	Custos de exploração.....	47
4.8.2.	Elaboração de um novo sistema tarifário	47
4.8.2.1.	Estimativa da tarifa - Cenário A.....	48
4.8.2.2.	Estimativa da tarifa – Cenário B	50
4.8.2.3.	Análise global.....	52
5.	Aspetos Adicionais Relevantes na Implementação do Sistema PAYT.....	54
5.1.	Etapas da Implementação do Sistema PAYT	54
5.1.1.	Participação	54
5.1.2.	Comunicação	54
5.1.3.	Fase de teste.....	55
5.1.4.	Monitorização e controlo.....	55
5.1.5.	Cronograma de implementação	55
5.2.	Programas Complementares	57

6. Conclusões.....	58
7. Propostas de Trabalhos Futuros.....	61
Referências Bibliográficas.....	62
Anexos.....	67
Anexo I – Listagem dos arruamentos abrangidos na zona em estudo.....	68
Anexo II – Características dos circuitos de recolha	69
Anexo III – Custos associados à estimativa da tarifa para o Cenário B.....	70

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Principais alternativas de implementação do sistema PAYT (adaptado de Reichenbach, 2008)	7
Figura 2.2 – Esquema do sistema RFID e de uma etiqueta (adaptado de Schindler et al, 2012).....	13
Figura 2.3 - Exemplo de etiqueta passiva (esquerda) (OECD, 2008) e diferentes formas de etiquetas RFID (direita) (HID, 2017)	14
Figura 2.4 - Funcionamento do sistema RFID (adaptado de Abdoli, 2009)	17
Figura 2.5 – Projeto <i>Lusobin Kiosk</i> (IT3, 2017).....	18
Figura 2.6 – Projeto <i>Lusobin Stand-Alone</i> (IT3, 2017).....	18
Figura 3.1 – Tipologia habitacional (CMP, 2015a).....	24
Figura 3.2 - Composição física dos resíduos indiferenciados (CMP, 2017a)	25
Figura 3.3 - Divisão das áreas de recolha (CMP, 2015b).....	26
Figura 4.1 – Mapa da zona em estudo (Google Earth, 2017).....	35
Figura 4.2 – Veículo de recolha com o sistema de identificação incorporado (Resopre, 2017).....	44
Figura 4.3 – Contentor com wastelock (à esquerda) e <i>smart-key</i> (à direita) (EMZ-Hanauer, 2017)	45

Índice de Tabelas

Tabela 2.1 – Vantagens e desvantagens dos tipos de sistemas PAYT (adaptado de Skumatz L. A., 2002; Miranda, Bauer, & Aldy, 1996; EPA, 1994; Luken, 2005)	9
Tabela 2.2 - Diferenças entre códigos de barras e etiquetas RFID (adaptado de Wyld, 2010).....	16
Tabela 3.1 – Produção total de resíduos urbanos, por fluxo, no Município do Porto (LIPOR, 2017a)	25
Tabela 3.2 - Características dos equipamentos de deposição	30
Tabela 3.3 – Tarifas em vigor para a gestão de resíduos (CMP, 2017b).....	32
Tabela 3.4 – Posicionamento face às metas estabelecidas no PERSU 2020 para o Sistema LIPOR e para o Município do Porto (CMP, 2017a; LIPOR, 2017b)	33
Tabela 4.1 – Grau de habilitação literária da população na zona piloto.....	35
Tabela 4.2 – Tipologia dos edifícios por nº de pisos/edifício e respetivo nº de fogos na zona em estudo	36
Tabela 4.3 – Tipologia dos edifícios por nº de fogos/edifício e respetivo nº de fogos na zona em estudo	36
Tabela 4.4 - Quantidades de resíduos urbanos recolhidos no concelho do Porto e na zona em estudo.....	37
Tabela 4.5 – Quantitativos a recolher previstos no ano de 2017 na zona em estudo	37
Tabela 4.6 – Capacidade de deposição necessária para cada fogo da zona piloto	38
Tabela 4.7 – Capacidade e número dos contentores coletivos atribuídos a cada edifício com mais de 3 fogos da zona em estudo	39
Tabela 4.8 – Capacidade e número dos contentores individuais e coletivos atribuídos na zona em estudo	39
Tabela 4.9 – Investimento a efetuar na zona piloto	41
Tabela 4.10 – Custos de exploração da zona em estudo	43
Tabela 4.11 – Custos suplementares de investimento do sistema PAYT associados às tecnologias.....	47
Tabela 4.12 – Custos associados à componente fixa da tarifa com e sem financiamento para o cenário A.....	49
Tabela 4.13 – Custos associados à componente fixa da tarifa com e sem financiamento para o cenário B.....	51
Tabela 4.14 – Valores da tarifa para os dois cenários	52
Tabela 4.15 – Valor da tarifa com a implementação do sistema PAYT para os dois cenários.....	53

Tabela 5.1 – Cronograma das etapas de implementação do sistema PAYT (ARC, 2010)	56
Tabela 5.2 – Projetos propostos para prevenir a produção de resíduos (adaptado de LIPOR, 2017)	57
Tabela I.1 – Arruamentos incluídos na zona em estudo	68
Tabela II. 1 – Circuitos de recolha	69
Tabela III.1 – Custos dos equipamentos de deposição da recolha indiferenciada para o cenário B	70
Tabela III. 2 – Custos de investimento da recolha indiferenciada sem financiamento para o cenário B	70
Tabela III. 3 – Custos de investimento da recolha indiferenciada com financiamento para o cenário B	70
Tabela III. 4 – Custos de exploração da recolha indiferenciada para o cenário B	70

Símbolos e Abreviaturas

APA – Agência Portuguesa do Ambiente

CMP – Câmara Municipal do Porto

DMLUT – Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes

ECAL – Embalagens de Cartão para Alimentos Líquidos

EMARP – Empresa Municipal de Água e Resíduos de Portimão

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

EUA – Estados Unidos da América

GPRS – *General Packet Radio Service* (Serviço de Rádio de Pacote Geral)

INE – Instituto Nacional de Estatística

IRAR – Instituto Regulador de Águas e Resíduos

OAU – Óleos Alimentares Usados

PaP – Porta-a-Porta

PAPERSU – Plano de Ação do Plano Estratégico para Resíduos Urbanos

PAYT – *Pay-As-You-Throw*

PEAD – Polietileno de Alta Densidade

PERSU – Plano Estratégico para Resíduos Sólidos Urbanos

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

REEE – Resíduos de Equipamentos Elétricos e Eletrónicos

RFID – *Radio-Frequency Identification* (Identificação por Radiofrequência)

RU – Resíduos Urbanos

RUB – Resíduos Urbanos Biodegradáveis

1. Introdução

1.1. Contextualização do Tema

O aumento da produção de resíduos tem acompanhado a evolução das atividades socioeconómicas, sendo que a forma como estes têm sido processados e reaproveitados tem impactes nocivos em termos de saúde pública e ambiente (Portaria nº187-A/2014).

A legislação cada vez mais rigorosa no domínio do ambiente e a crescente preocupação relativamente ao consumo de recursos e à evolução económica, levaram a um aumento do número de países que trabalha no sentido de uma redução da quantidade de resíduos urbanos enviados para aterro, com o conseqüente aumento da reciclagem multimaterial e orgânica e valorização energética. Os esforços para reduzir a quantidade global de resíduos e o aumento da consciencialização dos cidadãos para a prevenção da produção de resíduos tem sido perceptível em municípios de toda a Europa. A avaliação de diferentes medidas que podem contribuir eficazmente para a gestão sustentável destes recursos levou muitos países a reconsiderar os mecanismos de financiamento que utilizam para a gestão de resíduos (Reichenbach, 2008).

Sendo a gestão de resíduos urbanos uma das áreas-chave da política ambiental municipal e o tema no qual as câmaras municipais gastam mais recursos, foram desenvolvidas na União Europeia políticas de gestão de resíduos, sendo a mais recente a Diretiva Europeia n.º 2008/98/CE que revogou a Diretiva n.º 2006/12/CE. Em Portugal, a legislação em vigor, relativa à gestão de resíduos e que transpõe a Diretiva Quadro dos Resíduos está presente no Decreto-Lei n.º 178/2006, alterado e republicado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011.

O principal documento de referência das políticas de resíduos urbanos em Portugal Continental, substituindo o PERSU II, corresponde ao PERSU 2020 (Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos). Este plano “estabelece a visão, os objetivos, as metas globais e específicas por Sistema de Gestão de RU, as medidas a implementar no quadro dos resíduos urbanos no período 2014 a 2020, bem como a estratégia que suporta a sua execução, contribuindo para o cumprimento das metas nacionais e comunitárias nesta matéria” (Portaria nº187-A/2014).

De forma a ser possível cumprir as metas propostas no PERSU 2020, é necessário recorrer a uma vasta gama de instrumentos, incluindo as regulamentações locais e as campanhas de comunicação, para obter sempre melhores resultados na prevenção e na recolha seletiva de resíduos. Uma das regulamentações que está prevista refere-se à elaboração de planos de ação para os municípios, os PAPERSU.

Uma das estratégias que tem tido um reconhecimento crescente no âmbito da redução de resíduos e que está presente no PAPERSU está relacionada com o reforço dos instrumentos económico-financeiros, nomeadamente na alteração dos sistemas de tarifas utilizados. Um dos instrumentos mais relevantes para a redução da produção de resíduos e a promoção da reciclagem por parte dos consumidores refere-se aos sistemas Pay-As-You-Throw (PAYT) (CMP, 2015a).

Este tipo de sistemas tem a intenção de conceder incentivos financeiros aos cidadãos de modo a que estes reduzam a quantidade de resíduos produzidos e aumentem a sua separação com vista à valorização. Os sistemas PAYT promovem a prevenção e reciclagem de resíduos e são baseados na aplicação de dois princípios presentes no Decreto-lei nº178/2006, alterado e republicado pelo Decreto-lei n.º 73/2011, o princípio do poluidor-pagador e o conceito de responsabilidade partilhada.

Apesar das tentativas que têm surgido, ainda existem algumas barreiras que impedem que estes sistemas sejam implementados de forma eficaz em Portugal e que estão relacionadas com fatores comportamentais, técnicos e financeiros e institucionais. No entanto, os sistemas PAYT já adotados têm permitido verificar uma alteração de comportamentos por parte dos cidadãos, havendo em quase todos os casos, reduções por vezes significativas na quantidade de resíduos indiferenciados produzidos e aumento na quantidade separada e enviada para reciclagem (Pires, 2013).

1.2. Âmbitos e Objetivos

O presente projeto está inserido no âmbito da unidade curricular de Dissertação do 5º Ano do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto.

O trabalho foi realizado em ambiente empresarial, sendo a entidade promotora deste a Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes (DMLUT) da Câmara Municipal do Porto.

O objetivo principal da dissertação prende-se na realização de um projeto de implementação de um sistema Pay-As-You-Throw no Município do Porto, sendo aplicado mais concretamente a uma zona piloto, a zona de Serralves, para a qual está projetado um sistema de recolha porta-a-porta residencial.

1.3. Descrição da Entidade Acolhedora

Como já foi referido, o presente trabalho foi promovido pela DMLUT da Câmara Municipal do Porto.

A Câmara Municipal do Porto (CMP) é o órgão autárquico do concelho do Porto e tem o objetivo de definir e executar políticas com vista a defender os interesses e a satisfazer as necessidades dos cidadãos. Este município é constituído por sete freguesias (sendo três delas “Uniões” de freguesias), nomeadamente, Bonfim, Campanhã, Paranhos, Ramalde, União das Freguesias de Aldoar, Foz do Douro e Nevogilde, União das Freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória e União das Freguesias de Lordelo do Ouro e Massarelos (Câmara Municipal do Porto, 2017; Portal do Cidadão, 2017).

A DMLUT garante a gestão de resíduos urbanos no município do Porto, fazendo a recolha de resíduos urbanos, incluindo os resíduos com origem doméstica, comercial e industrial e, a recolha seletiva que abrange a recolha de orgânicos, resíduos verdes e a recolha multimaterial de recicláveis. Para além disso, esta Divisão é responsável pela gestão dos ecopontos, limpeza urbana de arruamentos e espaços públicos, bem como pela realização de operações de desinfestação e desratização (CMP, 2015b).

1.4. Organização da Dissertação

O presente documento está dividido em sete capítulos, seguidos das Referências Bibliográficas e dos Anexos.

O capítulo 1 faz a contextualização do tema e descreve os objetivos desta dissertação, bem como a estrutura da entidade acolhedora.

No capítulo 2 é apresentado o sistema PAYT, sendo descritos os diferentes tipos do sistema e as respetivas vantagens e desvantagens. Para além disso, são referidas as tarifas existentes e as soluções tecnológicas mais usadas neste sistema. Por fim, são referidos alguns casos de estudo de diferentes países onde se verificou a aplicação do sistema PAYT.

O capítulo 3 faz uma análise da situação do Município do Porto, sendo descrito o sistema de gestão atual de gestão de resíduos do concelho.

O capítulo 4 refere-se à zona piloto onde será implementado o projeto, sendo descritas as características demográficas, habitacionais e territoriais da zona, bem como o sistema de gestão de resíduos e os custos que este apresenta. Por fim, é apresentado o tipo de sistema PAYT a implementar na zona e o novo sistema tarifário a adotar.

O capítulo 5 faz referência a alguns aspetos relevantes na implementação do sistema PAYT. São apresentadas as etapas que devem ser seguidas para uma correta implementação e os programas complementares que podem contribuir para o sucesso do sistema.

No capítulo 6 são apresentadas as principais conclusões do trabalho desenvolvido e, no último capítulo apresentam-se algumas propostas de desenvolvimento para trabalhos futuros.

2. Sistemas PAYT

Ao longo dos últimos anos, muitas entidades têm tido dificuldades na forma como realizam a gestão dos resíduos urbanos dos municípios. Uma das exigências feitas sobre os sistemas de gestão de resíduos baseia-se na crescente consciencialização pública sobre questões ambientais gerais, bem como objetivos de prevenção e reciclagem dos resíduos. Em resposta a este tipo de exigências, muitas entidades começaram a adotar novas abordagens para a gestão de resíduos baseados em incentivos económicos com a intenção de diminuir a quantidade de resíduos produzidos pelos moradores, assim como aumentar a reciclagem. Um desses sistemas de incentivo é o PAYT (EPA, 1994).

Ao contrário dos sistemas tradicionais de gestão de resíduos urbanos, onde os residentes pagam serviços de resíduos através de impostos ou uma taxa fixa, nos sistemas PAYT os residentes são cobrados pelos serviços de gestão de resíduos com base na quantidade de resíduos que efetivamente produzem, e eventualmente desperdiçam ou valorizam (Lakhan, 2015).

Este tipo de sistemas é baseado na aplicação conjunta de dois princípios da política ambiental: o princípio do poluidor-pagador e o conceito de responsabilidade partilhada. Aplicando estes princípios, os cidadãos devem pagar os custos que a sua parte de responsabilidade na cadeia de consumo produz (Batllell & Hanf, 2008). Os cidadãos pagam de acordo com a quantidade de resíduos que produzem e que são recolhidos para a respetiva gestão (Morlok et al, 2016).

A aplicação dos sistemas PAYT é baseada em três fatores principais:

- Na identificação do produtor de resíduos
- Na medição da quantidade de resíduos produzidos
- Na cobrança individual

Para medir a quantidade de resíduos recolhida, o produtor destes deve ser identificado. Nos sistemas de recolha porta-a-porta, esta identificação pode ser feita através da identificação dos contentores onde se colocam os resíduos. Quando os resíduos são recolhidos por meio de contentores de proximidade, o produtor dos resíduos deve ser identificado no momento em que os deposita. A quantidade de resíduos produzidos pode ser medida através do volume ou do peso. Após identificação do produtor e medição da quantidade de resíduos depositada, a tarifa individual pode ser calculada (ARC, 2010).

Segundo a EPA (1999), o PAYT oferece três benefícios principais que podem ajudar os municípios a avançar para uma maior sustentabilidade:

- **Vertente Ambiental:** o PAYT ajuda a proteger o meio ambiente. A tarifa de gestão de resíduos deve ser ajustada de acordo com a quantidade de resíduos produzidos / separados. O resultado típico é um aumento da prevenção e reciclagem de resíduos.
- **Vertente Económica:** o PAYT é economicamente viável para uma ampla gama de municípios. Os sistemas bem concebidos permitem aos municípios gerar as receitas de que necessitam para cobrir os custos dos sistemas de resíduos urbanos.
- **Vertente Social:** o PAYT é amplamente visto como um sistema mais justo. Os munícipes que produzem menor quantidade de resíduos são beneficiados.

2.1. Benefícios e Barreiras do PAYT

Existem vários benefícios associados aos sistemas PAYT, desde reduções da produção de resíduos até maior conscientização pública sobre questões ambientais. Esses benefícios incluem (Dahlén & Lagerkvist, 2010; Santos, 2009):

- Custos proporcionais à produção de resíduos.
- Redução dos resíduos urbanos (redução de 15-50%).
- Aumento da reciclagem (5-10%).
- Garantir a transparência dos custos de gestão de resíduos.
- Incentivo à compostagem doméstica.

No entanto, existem também potenciais barreiras à implementação deste tipo de sistemas (Dahlén & Lagerkvist, 2010):

- Aumento dos custos (investimento e operacional).
- Risco de migração de resíduos (ou seja, os resíduos são depositados nos municípios vizinhos).
- Risco de deposição ilegal de resíduos.
- Probabilidade de existir maior quantidade de contaminantes em materiais recicláveis.

2.2. Tipos de sistemas PAYT

Os sistemas PAYT são bastante flexíveis e têm sido implementados em vários países, de diferentes formas. Normalmente, os sistemas são implementados com base no volume ou no peso, podendo a identificação ser feita em termos de utilizador ou contentor. Existem, assim, diversos modelos de aplicação deste tipo de sistemas, podendo ser

instalados em quase todos os tipos de ambiente (Reichenbach, 2008). Na figura seguinte são apresentadas as principais alternativas de implementação dos sistemas PAYT.

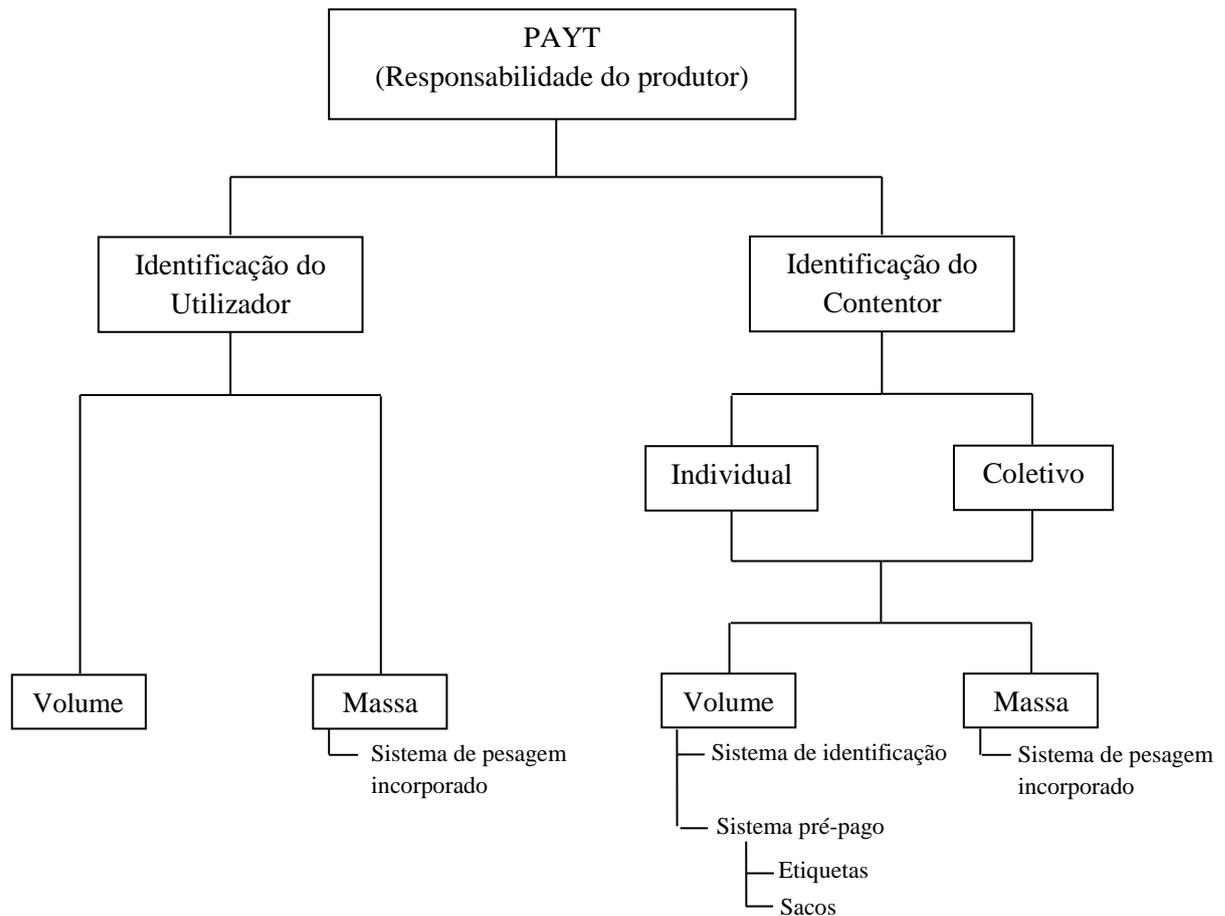


Figura 2.1 - Principais alternativas de implementação do sistema PAYT (adaptado de Reichenbach, 2008)

Os sistemas mais comuns são os de contentor, sacos, etiquetas e híbridos. Existe também o sistema de pesagem, no entanto, este é menos comum. Passam-se a descrever de seguida as opções referidas (Skumatz L. A., 2002; Abrashkin, 2015):

- **Sistema de contentor.** Neste tipo de sistema, os clientes seleccionam o número ou tamanho apropriado do contentor que necessitam, pagando consoante o número de vezes que colocam o contentor para recolha. Este sistema é o mais comum devido à sua simplicidade de utilização por parte dos moradores e é mais compatível, predominantemente, com habitações unifamiliares. Neste tipo de contentores são colocados *chips*, como por exemplo *Radio Frequency Identification (RFID)*, para identificar as famílias, sendo estes lidos e gravados no computador de bordo do veículo de recolha.
- **Sistema de sacos.** Neste sistema, os clientes compram sacos impressos com um logotipo específico, e os resíduos depositados devem ser colocados em sacos

adequadamente marcados. O preço do saco incorpora o custo da recolha, transporte e deposição dos resíduos. Em alguns municípios, o sistema de saco é usado em conjunto com uma taxa de cliente ou taxa fixa; nestes casos, o preço do saco reflete apenas uma parte do custo de recolha e deposição, sendo o restante cobrado através da fatura mensal.

- **Sistema de etiquetas.** Este sistema é quase idêntico ao sistema de saco, no entanto, em vez de ser utilizado um saco, os clientes adquirem uma etiqueta específica para os resíduos que querem que sejam recolhidos. Estas etiquetas devem ser visíveis para a equipa de recolha de modo que estes possam indicar que os resíduos foram pagos.
- **Sistema híbrido.** Corresponde à junção do sistema de recolha atual e do sistema baseado no incentivo. É estipulado pela autarquia um número base de sacos ou contentores disponibilizados aos utilizadores, sendo paga uma taxa fixa por esse serviço base. No entanto, se a quantidade produzida de resíduos for excedida é cobrada uma taxa extra.
- **Sistema de pesagem.** Este sistema utiliza veículos com sistemas de pesagem incorporados para pesar os contentores, sendo os clientes cobrados em termos da quantidade, em massa, de resíduos de acordo com o registo feito pela viatura. Neste sistema são também utilizados *chips* nos contentores para identificar as famílias, sendo estes lidos e gravados no computador de bordo da viatura aquando da recolha, juntamente com a quantidade pesada para esse agregado familiar.

A utilização destes sistemas nos municípios pode diminuir a quantidade de resíduos que vai para aterro, aumentar a reciclagem e tornar mais eficiente as rotas, o pessoal e o equipamento utilizado na recolha dos resíduos. No entanto, existem algumas desvantagens como as mudanças na cobrança que podem levar a custos adicionais e novos encargos administrativos (monitorização e fiscalização, cobrança, etc.), fixação de tarifas e receitas, que são mais complexas e incertas, e despesas significativas associadas à divulgação e sensibilização da população para a implementação bem-sucedida (Skumatz & Freeman, 2006).

Além disso, é importante fazer uma análise detalhada da zona onde se pretende implementar este tipo de sistemas, uma vez que alguns dos sistemas são mais apropriados dependendo das condições locais, como a população e o tipo de região abrangida. Em

municípios com maior densidade populacional e zonas urbanas, a tendência é usar sistemas de contentores. Os municípios mais pequenos e as zonas mais rurais são mais propensos a utilizar sistemas de sacos ou etiquetas (Skumatz & Freeman, 2006).

Na tabela seguinte são apresentadas as principais vantagens e desvantagens dos sistemas PAYT (Skumatz L. A., 2002; Miranda, Bauer, & Aldy, 1996; EPA, 1994; Luken, 2005).

Tabela 2.1 – Vantagens e desvantagens dos tipos de sistemas PAYT (adaptado de Skumatz L. A., 2002; Miranda, Bauer, & Aldy, 1996; EPA, 1994; Luken, 2005)

Sistemas	Vantagens	Desvantagens
Contentor	<ul style="list-style-type: none">• Impede que os resíduos sejam espalhados;• Múltiplos tamanhos do contentor podem fornecer equidade;• Os equipamentos são resistentes;• Receitas relativamente estáveis;• Possibilidade de utilizar equipamentos já existentes na autarquia, se os tamanhos forem compatíveis;• Os contentores geralmente funcionam bem com equipamentos de recolha semiautomática ou automática.	<ul style="list-style-type: none">• Investimento inicial elevado;• Deve ser estabelecido um sistema se for excedida a quantidade definida de resíduos no serviço assinado;• Complicações iniciais / administração quando os clientes selecionam os níveis iniciais de serviço (faturação, entrega de contentores);• Múltiplos contentores podem ser caros para adquirir, armazenar e entregar;• Um sistema de recolha manual tende a exigir mais tempo e esforço;• Necessário rotular os contentores com tags de RFID ou códigos de barras.
Pesagem	<ul style="list-style-type: none">• Mais preciso na medição da produção de resíduos, havendo um maior incentivo à reciclagem;• Justo e fácil de entender;• Equipamento moderno automático e semiautomático.	<ul style="list-style-type: none">• Adaptação dos veículos de recolha ao sistema de pesagem e leitura de identificadores;• Necessário rotular os contentores com tags de RFID ou, menos eficiente, códigos de barras;• Sistema de faturação mais complicado;• Necessidade de estabelecer um sistema de faturação diferente no caso de falhas dos equipamentos.

Tabela 2.1 – Vantagens e desvantagens dos tipos de sistemas PAYT (Continuação) (adaptado de Skumatz L. A., 2002; Miranda, Bauer, & Aldy, 1996; EPA, 1994; Luken, 2005)

Sistemas	Vantagens	Desvantagens
Sacos/Etiquetas	<ul style="list-style-type: none"> • Sistema de faturação simples; • Fácil de distribuir; • Sistema de baixo custo; • O serviço é "pré-pago". 	<ul style="list-style-type: none"> • No caso dos sacos, estes estão expostos a fatores externos, tais como as condições climáticas e a ação de animais, o que pode levar à dispersão dos resíduos na via pública; • No caso das etiquetas, estas podem descolar, tornando difícil a associação dos resíduos ao produtor; • Sistema de abastecimento e distribuição necessários; • Os clientes devem comprar sacos / etiquetas para todos os resíduos; • Não são compatíveis com os sistemas de recolha automática e semiautomática; • Incertezas de receita relativamente elevadas - as receitas dependem exclusivamente do número de sacos / etiquetas; • Relativamente às etiquetas, a recolha torna-se mais lenta, dado que estas podem não ser muito perceptíveis.
Híbrido	<ul style="list-style-type: none"> • Implementação rápida e barata; • Sistema de faturação sem grandes alterações; • Fácil transição relativamente ao sistema atual; • Os clientes só precisam de comprar sacos extras / etiquetas se excederem a quantidade estabelecida. 	<ul style="list-style-type: none"> • Os clientes podem não entender o facto de terem de pagar duas taxas para a deposição dos resíduos; • Os custos totais da recolha e do tratamento dos resíduos podem não ser bem esclarecidos para os clientes.

2.3. PAYT em Habitações Multifamiliares

Um dos maiores desafios da implementação dos sistemas PAYT nos municípios está relacionado com as habitações multifamiliares. Este tipo de edifícios abrange uma grande parte da população, particularmente em áreas densamente povoadas. Como a recolha dos resíduos é feita para todo o prédio e não para cada fogo, o incentivo à redução da quantidade de resíduos através dos sistemas PAYT é mais difícil de implementar (Abrashkin, 2015).

Existem várias barreiras à implementação bem-sucedida dos sistemas PAYT neste tipo de habitações e que estão relacionadas com a dificuldade de cobrança de residentes

individuais, questões espaciais, residentes “provisórios” e preocupações sobre deposição ilegal (Skumatz et al, 2015).

Neste sentido, existem várias possibilidades para tentar resolver estas barreiras que têm forças relativas e também impedimentos práticos (Abrashkin, 2015):

- Cobrar ao proprietário do edifício uma taxa baseada no tamanho ou número de contentores ou no número de sacos colocados para a recolha. Isso proporciona um incentivo de mercado baseado no volume de resíduos produzidos para todo o edifício, mas não afeta os residentes. Os custos podem ser repartidos de igual forma por todas as habitações, contudo as famílias permanecem sem pagar o custo real da quantidade de resíduos que produzem.
- Utilizar o sistema de sacos ou etiquetas, sendo que as famílias que produzem mais resíduos acabam por pagar mais pela recolha dos resíduos. Porém, muitas vezes as famílias não utilizam este programa acabando por colocar os resíduos nos contentores sem pagarem os sacos/etiquetas.
- Alterar os contentores existentes nas habitações multifamiliares, passando o seu acesso a ser feito apenas através de um cartão magnético com a identificação do utilizador. Se as habitações tiverem compartimento de resíduos, são utilizados contentores com tambor de identificação. No caso de as habitações não terem compartimento de resíduos, podem ser usados contentores de superfície ou de profundidade também com tambor de identificação. No entanto, este tipo de alterações é mais dispendioso.

2.4. Tarifas

Existem três tipos básicos de tarifas nos sistemas PAYT: fixa, variável e multicomponentes. Cada sistema tem as suas próprias vantagens e desvantagens. Enquanto um tipo de sistema tarifário oferece, por exemplo, maior estabilidade de receita, outro cria um maior incentivo à redução da produção de resíduos por parte dos residentes (EPA, 1994; EPA, 1999). Passam-se a descrever as diferentes opções de seguida.

2.4.1. Tarifa fixa

A tarifa fixa é a estrutura tarifária mais simples, criando a relação mais direta entre a quantidade de resíduos e o preço. Os residentes são cobrados através de uma taxa fixa baseada no número de contentores, sacos ou etiquetas que colocam para a recolha.

Esta tarifa fornece um incentivo mais imediato à redução dos resíduos indiferenciados e ao aumento da reciclagem multimaterial e orgânica. Outra das vantagens refere-se ao facto de ser fácil de gerir e ter baixos custos de instalação do sistema. Os moradores normalmente compram sacos diretamente ao município ou em estabelecimentos locais. Comparado com opções que requerem um mecanismo de faturação, este sistema pode resultar em custos administrativos mais baixos.

No entanto, é necessário ter em consideração a tarifa selecionada por contentor, saco ou etiqueta uma vez que, mesmo que um preço muito alto aumente a resistência ao sistema PAYT, uma tarifa demasiado baixa pode causar incerteza nas receitas e diminuir o incentivo à redução de resíduos.

2.4.2. Tarifa variável

Com uma tarifa variável, os residentes pagam uma taxa por subscrever um serviço com diferentes opções de tamanho do contentor, sendo que acima desse nível é cobrada uma taxa adicional. Embora haja um incentivo à redução da produção de resíduos, é necessário que os municípios ajustem o sistema de preços para que este seja justo. Como são cobradas taxas diferentes, este sistema pode ser complicado de administrar e faturar.

2.4.3. Tarifa multicomponentes

Este tipo de estrutura tarifária usa uma taxa por contentor ou saco/etiqueta para cobrir os custos fixos e variáveis associados aos sistemas de gestão de resíduos urbanos. É considerada uma taxa fixa mensal para cobrir os custos fixos do serviço prestado (por exemplo, contabilidade, pessoal, compras e supervisão executiva) e uma taxa variável em função da quantidade de resíduos produzidos, podendo ser do tipo fixo ou variável. A taxa variável é normalmente usada para cobrir os custos variáveis (por exemplo, recolha, transporte e deposição).

Esta tarifa fornece receitas mais estáveis para os municípios, mas poderá causar um menor incentivo à redução da produção de resíduos do que os outros tipos de tarifa, uma vez que o valor da taxa variável, que inclui uma fração com a produção de resíduos, pode não estar explícita. Desta forma, os residentes podem não ter uma perceção direta da redução da quantidade de resíduos produzidos, levando à diminuição do incentivo.

2.5. Soluções tecnológicas

As soluções tecnológicas existentes para o sistema PAYT variam com o tipo de habitação e contentores utilizados. No caso das habitações uni/bifamiliares e comércio e

serviços a tecnologia mais utilizada corresponde à tecnologia RFID. Relativamente às habitações em altura com e sem compartimento dos resíduos, é utilizado um contentor com tambor de identificação, onde se passa um cartão magnético com a identificação do cliente.

2.5.1. RFID

A Identificação Automática, ou Auto-ID, representa uma ampla categoria de tecnologias que são usadas para ajudar as máquinas a identificar objetos, seres humanos ou animais (Wyld, 2010). A tecnologia RFID (*Radio Frequency Identification*) é uma forma da tecnologia Auto-ID que permite a recolha de dados sem fio e consiste, geralmente, numa etiqueta anexada a um objeto que contém um pequeno chip ou memória que se identifica de forma exclusiva. Para além da etiqueta, um sistema RFID é também constituído por um leitor que permite ativar a etiqueta através de uma antena, lê os dados transmitidos pela etiqueta e, por vezes, consegue gravá-los (Schindler et al, 2012).

Os sistemas RFID envolvem componentes de *software*, rede e base de dados que permitem que a informação seja transferida de etiquetas para a infraestrutura de base de dados onde é processada e armazenada. Na Figura 2.2 é apresentado um esquema do sistema RFID e de uma etiqueta.

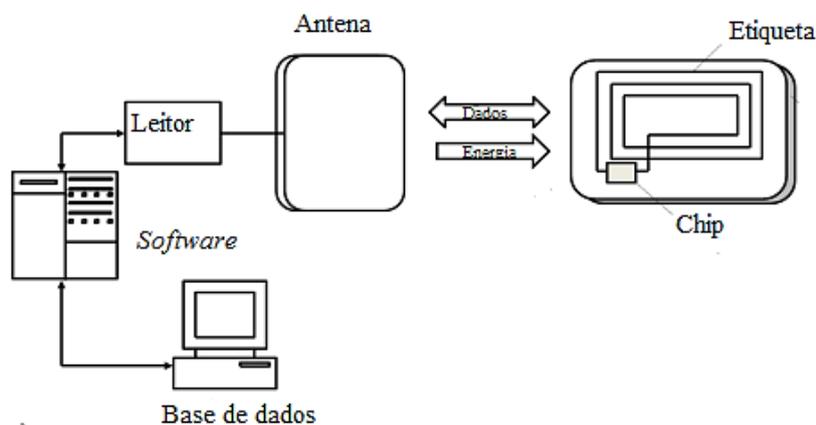


Figura 2.2 – Esquema do sistema RFID e de uma etiqueta (adaptado de Schindler et al, 2012)

2.5.1.1. Etiquetas

As etiquetas podem ser classificadas, de acordo com a fonte para obter energia, em etiquetas passivas e ativas. A capacidade de memória e a capacidade de leitura/gravação também são fatores de distinção úteis.

As etiquetas passivas não têm uma fonte interna de energia e não podem enviar sinais de saída sem receber energia de um leitor. É usado um sinal de frequência de rádio de entrada para ligar um circuito integrado e transmitir uma resposta. A antena deve ser capaz de receber energia de um sinal de entrada e transmitir um sinal de saída. Pelo lado positivo, estas etiquetas têm um tempo de vida quase ilimitado, podendo ser reativadas anos depois de serem fabricadas. Para além disso, tendem a ser simples, pequenas e baratas e são mais resistentes a ambientes agressivos (Schindler et al , 2012).

Ao contrário das etiquetas passivas, as etiquetas ativas têm uma fonte de energia interna (bateria ou transmissor ativo), para alimentar o circuito integrado, que gera um sinal de saída. Estas etiquetas são, frequentemente, usadas com sensores e por sistemas de localização em tempo real. No entanto, o tempo de vida destas etiquetas é limitado ao da sua bateria que, por sua vez, depende da frequência com que a etiqueta é solicitada para processar e / ou enviar informações. São maiores e mais caras do que as passivas (Schindler et al , 2012).

Na Figura 2.3 são apresentadas diferentes formas de etiquetas RFID e um exemplo de uma etiqueta passiva.



Figura 2.3 - Exemplo de etiqueta passiva (esquerda) (OECD, 2008) e diferentes formas de etiquetas RFID (direita) (HID, 2017)

Relativamente à capacidade de memória, para etiquetas de identificação passiva varia entre 64 bits e 1 kilobyte. As mais caras, normalmente para etiquetas ativas, podem conter mais de 128 kilobytes (OECD, 2008).

No que se refere à capacidade de leitura/gravação, as etiquetas podem ser apenas de leitura ou de leitura e escrita. As etiquetas que são apenas de leitura contêm um identificador programável não mutável que permanece durante a vida do *chip*. Estas etiquetas são, geralmente, de baixo custo, mas não podem ser reutilizadas e só podem armazenar uma quantidade limitada de dados (Schindler et al , 2012).

As etiquetas de leitura e escrita são mais sofisticadas devido à possibilidade de oferecer reprogramação destas com novas informações. Isto significa que as etiquetas podem ser

apagadas e reutilizadas, reduzindo significativamente os custos. Além disso, podem armazenar e processar informações localmente (Schindler et al , 2012).

2.5.1.2. Alcance da Frequência

O material do objeto a ser marcado e o intervalo de leitura exigido são fatores determinantes na seleção da frequência necessária no desenho de uma etiqueta. Os sinais magnéticos e eletromagnéticos podem ser alterados dependendo do ambiente em que os sinais fluem. Dependendo do uso, as etiquetas são projetadas para operar em baixa frequência (30-300 kHz), alta frequência (30-300 MHz) ou frequência ultra-alta (300-3000 MHz). As etiquetas de baixa frequência são as mais populares para o controle de acesso, mas também para identificação animal e humana, enquanto as de alta frequência são amplamente utilizadas para *smart cards* e identificação de ativos. O elevado alcance das frequências ultra-altas, torna as etiquetas deste tipo ideais para identificar objetos grandes e caros (Schindler et al, 2012).

Os sistemas que operam nas bandas de baixa frequência e de alta frequência são considerados sistemas passivos. Os sistemas que operam nas bandas de frequência ultra-alta podem ser sistemas passivos ou ativos (Schindler et al, 2012).

2.5.1.3. RFID e código de barras

Os códigos de barras são muito semelhantes às tecnologias RFID, uma vez que ambos são tecnologias de auto-ID destinadas a fornecer rápida e confiável identificação de itens e capacidades de monitorização. A principal diferença entre as duas tecnologias é a maneira como fazem a leitura dos objetos. Com a codificação de barras, o dispositivo de leitura digitaliza uma etiqueta impressa com laser ótico ou tecnologia de imagem. No entanto, com RFID, o dispositivo de leitura consegue examinar uma etiqueta usando sinais de radiofrequência (Wyld, 2010).

As diferenças específicas entre a tecnologia de código de barras e RFID estão resumidas na Tabela 2.2.

Tabela 2.2 - Diferenças entre códigos de barras e etiquetas RFID (adaptado de Wyld, 2010)

Código de barras	Etiquetas RFID
Exigem que a linha de visão seja lida	Podem ser lidas ou atualizadas sem linha de visão
Só podem ser lidos individualmente	Várias etiquetas podem ser lidas simultaneamente
Não podem ser lidos se ficarem sujos ou danificados	São capazes de lidar com ambientes difíceis e sujos
Devem estar visíveis para serem registados	São ultra finas e podem ser impressas em uma etiqueta e podem ser lidas mesmo quando escondidas dentro de um item
Só podem identificar o tipo de objeto	Podem identificar um objeto específico
As informações não podem ser atualizadas	Informações eletrónicas podem ser substituídas repetidamente
Devem ser localizados manualmente para a identificação do objeto, tornando o erro humano um problema	Podem ser localizados automaticamente, eliminando erros humanos

2.5.1.4. Funcionamento do sistema

Existem três elementos necessários para que um sistema RFID funcione: etiquetas, leitores e o *software* necessário para ligar os componentes RFID a um sistema de processamento de informações maior.

Na Figura 2.4 é apresentado um modelo esquemático onde são referidas todas as etapas do funcionamento do sistema RFID associado ao sistema integrado de gestão de resíduos. Inicialmente é necessário identificar os equipamentos com etiquetas RFID que, no momento da recolha dos resíduos, são lidas por um leitor RFID presente na viatura de recolha que tem instalada uma antena e pode ou não ter o sistema de pesagem. A informação é armazenada no computador de bordo instalado no veículo. Os dados são enviados, através de comunicação GPRS, para uma plataforma, em *backoffice*. Esta plataforma permite a gestão e tratamento dos dados recebidos de modo a ser possível construir um modelo tarifário assente na produção dos resíduos.



Figura 2.4 - Funcionamento do sistema RFID (adaptado de Abdoli, 2009)

2.5.2. Soluções com *smart-key*

No caso das habitações em altura com compartimento dos resíduos e comércio/serviços pode ser utilizado um sistema diferente do apresentado. Nestas situações são utilizados contentores com tambor de identificação, cuja abertura, e posterior deposição dos resíduos, só é possível através de um cartão magnético (*smart-key*) com a identificação pessoal de cada cliente. No tambor de identificação são armazenados os dados relativos ao utilizador, sendo depois transferidos para a base de dados.

Relativamente às habitações em altura sem compartimento dos resíduos, podem ser utilizados contentores de superfície, cuja abertura é feita através de um cartão de identificação. No entanto, também podem ser usados contentores enterrados ou semienterrados com tambor de identificação, no qual o seu funcionamento é feito de forma idêntica à situação das habitações em altura com compartimento de resíduos.

Uma das soluções existentes no mercado para este tipo de casos pertence à empresa IT3. Nesta empresa são desenvolvidos projetos para serem utilizados nos contentores, nomeadamente, o *Lusobin Kiosk*, o *Lusobin Stand-Along* e o *Lusobin Smart-Eco*. O *Lusobin Kiosk* corresponde a uma solução aplicada à deposição de resíduos urbanos. Com este equipamento, é permitido o controlo de 2 ou mais contentores que estejam presentes no mesmo local, sendo possível alertar para os níveis de enchimento destes, controlar o acesso dos utilizadores e saber o estado do equipamento. Para além disto, este equipamento pode ser utilizado em diferentes tipos de contentores, sendo apenas

necessária a aplicação de um mecanismo de bloqueio no contentor. O *Lusobin Stand-Alone* é semelhante ao anterior, no entanto só é possível controlar um contentor. Pode ser adaptado a contentores semienterrados e contentores a partir dos 240 litros de capacidade. O *Lusobin Smart-Eco* é utilizado em ecocentros, sendo o objetivo controlar o acesso a estes, registando as entradas e o tipo de depósitos efetuados (IT3, 2017).

Nas Figuras 2.5 e 2.6 são apresentados os projetos *Lusobin Kiosk* e *Stand-Alone*, respetivamente.



Figura 2.5 – Projeto *Lusobin Kiosk* (IT3, 2017)



Figura 2.6 – Projeto *Lusobin Stand-Alone* (IT3, 2017)

2.6. Casos de Estudo

Atualmente, existe uma grande diversidade dos sistemas tarifários PAYT aplicados aos sistemas de gestão de resíduos urbanos, já implementados ou em fase de projeto-piloto.

2.6.1. Estados Unidos da América

Os sistemas PAYT começaram a ser implementados nos EUA na década de 80, com cerca de 100 comunidades. Em 2006, as comunidades com estes sistemas já tinham ultrapassado as 7000 em todo o país, cobrindo cerca de 25% da população (Skumatz & Freeman, 2006).

A cidade de Grand Rapid, Michigan, com uma população de 188 040 habitantes, foi uma das primeiras cidades dos EUA a adotar o sistema PAYT com base no volume de resíduos, em 1973. Em 2012, a cidade completou uma transição de 10 anos para um novo sistema que oferece uma verdadeira abordagem do sistema PAYT, cobrando aos residentes apenas quando os resíduos são recolhidos. A recolha dos resíduos indiferenciados é oferecida uma vez por semana e os resíduos reciclados são fornecidos gratuitamente a cada duas semanas. Para os serviços de recolha de resíduos, o governo municipal oferece a, aproximadamente, 65 mil famílias da cidade uma opção de três tamanhos do contentor (120, 240 ou 360 L) incorporados com um chip RFID associado a uma conta específica para cada residente. Um leitor de RFID presente no veículo de recolha regista o contentor e carrega a conta. O serviço é pré-pago, sendo que a câmara retira o dinheiro da conta de cada residente sempre que o contentor é esvaziado. Com este novo sistema, é estimado que a cidade economize um total de, aproximadamente, 1,14 milhões de euros por ano e o sistema tarifário pagará os investimentos iniciais dentro de 5 anos. Os incentivos financeiros individualizados para a redução de resíduos resultaram em 28% de redução dos resíduos urbanos e 76% de aumento da reciclagem entre 2006-2013 (Abrashkin, 2015).

Em 2012, a cidade Sandwich, Massachusetts com 20 675 habitantes, adotou o sistema PAYT com base no uso de sacos e um sistema de etiquetas. O sistema implementado baseia-se apenas na entrega dos resíduos urbanos em estações de transferência. Os sacos disponibilizados têm três tamanhos: 30 L por 0,22 €, 57 L por 0,54 € e 114 L por 1,10 €. No primeiro ano de operação, a quantidade de resíduos produzidos diminuiu 42% e a reciclagem aumentou de 29% para 54%. A reciclagem de latas, plásticos e garrafas aumentou 74%, e a reciclagem de papel e cartão aumentou 20%. Do ponto de vista

financeiro, no primeiro ano a cidade arrecadou, aproximadamente, 333 mil euros com a venda de sacos licenciados e economizou 116 mil euros nos custos de deposição de resíduos. De forma a mitigar os custos, a cidade implementou um sistema híbrido que arrecadou fundos e proporcionou um incentivo para reduzir a produção de resíduos e aumentar a reciclagem. Este sistema destina-se a fornecer 50% dos fundos necessários para a eliminação de resíduos urbanos, sendo o restante por um subsídio fiscal. A cidade prevê aumentar os custos dos sacos para que o sistema implementado cubra todos os custos do serviço de gestão de resíduos, permitindo a remoção do subsídio fiscal (Abrashkin, 2015).

2.6.2. Coreia do Sul

Em 1995, o governo da Coreia do Sul implementou um sistema PAYT baseado no uso de sacos. O sistema abrange famílias e pequenas empresas que produzam até 300 kg/dia de resíduos. No primeiro ano de implementação houve uma diminuição dos resíduos produzidos de 17,8% e um aumento de 26% da reciclagem. Entre 1994 e 2004, a redução da quantidade de resíduos produzidos foi de 1,33 kg/pessoa/mês para 1,03 kg/pessoa/mês. A parcela dos resíduos destinados a aterros ou incineração diminuiu de 84,6% em 1994 para 42,2% em 2007. As taxas de reciclagem aumentaram de 15,4% em 1994 para 57,8% em 2007 (este aumento foi auxiliado em parte por um requisito feito em 2004 para separar resíduos orgânicos para compostagem) (Abrashkin, 2015).

2.6.3. Japão

Sakai et al. (2008) estudaram alguns municípios no Japão onde foi implementado o sistema PAYT, nomeadamente, os municípios de Shingu City e Takayama City.

A cidade de Shingu City localizada na parte sul da Península Kii-hanto, com uma população de 34 000 habitantes, implementou o sistema PAYT em 2002. Foi adotada uma taxa de duas componentes que incluía a distribuição de um determinado número de sacos consoante o número de membros da família (por exemplo, famílias com 3 a 5 membros têm 60 sacos de 15 L cada), sendo que no caso de quererem mais sacos, teriam de os adquirir. Para o comércio foram utilizados sacos pré-pagos com capacidade máxima de 45 L. Com a introdução do sistema PAYT, houve uma redução em 25% da quantidade de resíduos produzidos no primeiro ano e um aumento dos materiais recicláveis de 49% entre 2001 e 2002. Estas medidas foram mantidas até 2005 (Sakai et al, 2008).

Takayama City está localizada numa área montanhosa no centro do Japão e tem uma população de cerca de 67 000 habitantes. Em 1992, o município implementou uma tarifa de duas componentes utilizando etiquetas que incluíam um determinado número gratuito com base no número de membros da família. Como a produção de resíduos aumentou ao longo do ano após a introdução do sistema PAYT, houve um aumento gradual no preço das etiquetas. Também foi diminuído o número de etiquetas gratuitas permitidas por residente. Para além disto, foram tomadas medidas complementares como a recolha de resíduos recicláveis (1991); a introdução de um sistema de incentivos para a recolha de papel (1992); a recolha de garrafas e latas (1997) e iniciou-se a recolha seletiva de plástico e papel (2002-2003). Através da utilização combinada do sistema PAYT e da recolha seletiva de resíduos recicláveis, a quantidade de resíduos produzida em 2004 reduziu 32,1% em relação ao pico de 1996 (Sakai et al, 2008).

2.6.4. Europa

Em 1997, o município de Aschaffenburg na Alemanha introduziu um sistema de recolha de resíduos baseado no peso, que foi ampliado em 1999 para incluir resíduos volumosos. Sob este sistema, os custos são determinados com base no peso dos resíduos recolhidos em contentores (que são pesados no veículo de recolha), com a separação de resíduos recicláveis. No primeiro ano de implementação, a produção de resíduos urbanos diminuiu para 8 mil toneladas. Consequentemente, as taxas de resíduos por habitação com 4 pessoas diminuíram de 157,99 € antes de 2003 para 149,45 € em 2007. Apesar dos custos significativos de investimento e transformação, o sistema baseado no peso ajudou a economizar entre 1,53 e 1,79 milhões de euros por ano desde a sua implementação (Watkins et al., 2012).

A cidade Torrelles del Llobregat na Catalunha implementou o sistema PAYT em 2003 e foi baseado na recolha porta-a-porta e num pagamento por saco, onde os resíduos passíveis de reciclar e os biodegradáveis não eram cobrados. Os restantes resíduos eram colocados em sacos de 40 e 100 L com um custo de 0,60 e 1,50 €, respetivamente. No caso dos resíduos depositados de forma incorreta, estes não eram recolhidos e era colocado um autocolante azul na porta das habitações. Contudo, se as infrações persistissem ao fim de três semanas, era colocado um autocolante vermelho, que podia implicar uma coima. A aplicação deste sistema levou a um aumento da recolha de

resíduos separados de 37% para 84% e a um aumento da reciclagem de 41% para 83% (Puig-Ventosa, 2008).

Cerca de 15 municípios na Suécia implementaram um sistema PAYT baseado no peso para a recolha de resíduos domésticos. Um dos municípios que implementou este sistema foi o município de Bjuv com cerca de 13 700 habitantes. Neste município é utilizada uma tarifa de duas componentes, com uma taxa fixa e uma variável. A taxa fixa corresponde aos custos fixos do sistema de recolha e a taxa variável tem em conta o peso dos resíduos recolhidos. Os contentores (capacidade de 140 L) tinham um chip de identificação incorporado e os veículos de recolha tinham instalado um sistema de pesagem, de forma a determinar a quantidade de resíduos depositados por cada munícipe. A implementação do sistema PAYT em Bjuv permitiu aumentar a reciclagem em cerca de 30% e reduzir a quantidade de resíduos indiferenciados produzidos em 45% (Hogg, 2006).

2.6.5. Portugal

Em julho de 2014, a LIPOR em conjunto com a Maiambiente (Empresa Municipal do Ambiente do Município da Maia), iniciaram a implementação do projeto-piloto PAYT. Este projeto tem o intuito de promover a prevenção de resíduos, o consumo sustentável, a reciclagem e a valorização multimaterial, utilizando um sistema que permita garantir a equidade e a sustentabilidade financeira. O sistema implementado tenta dar resposta às diferentes tipologias de habitação e, por isso, foram colocados ecopontos na via pública do tipo *Cyclea* e *Molok* e compartimentos para armazenamento dos resíduos nas habitações em altura. Estes equipamentos têm incorporado um sistema de identificação do utilizador, de forma a ser possível relacioná-lo com a quantidade de resíduos que produz. A integração dos sistemas PAYT e do projeto “Ecoponto em Casa” tem o objetivo de promover a otimização e eficiência, reduzindo os custos operacionais e aumentando a reciclagem de resíduos. O município, em parceria com a ERSAR, está a desenvolver um sistema tarifário PAYT de modo a serem cumpridas as orientações definidas pela Entidade Reguladora (Maiambiente, 2014).

A Câmara Municipal de Óbidos tem seguido uma política de implementação de “ilhas ecológicas”, concentrando num mesmo local a deposição de resíduos indiferenciados e recicláveis. A aplicação deste conceito tem o intuito de reduzir o número de contentores de indiferenciados e aumentar o número de contentores para materiais recicláveis. É

perspetivada uma evolução para um modelo PAYT baseado em sacos pré-pagos para os resíduos indiferenciados. Outra zona que se encontra em estudo é Gaeiras, mas neste caso o sistema a testar baseia-se em contentores individuais com um microchip incorporado e na instalação de um sistema de identificação, pesagem e recolha de dados no veículo de recolha (Pires, 2013).

Em Portimão, a empresa Sotkon desafiou a EMARP (Empresa Municipal de Água e Resíduos de Portimão) a testar um sistema PAYT numa das 330 “ilhas ecológicas” instaladas na cidade. Devido às características dos equipamentos instalados há a possibilidade de se implementar um sistema com identificação do utilizador. Em cada uso do cartão de identificação, os utilizadores só podem colocar o equivalente a 30 litros de resíduos indiferenciados (Santiago, 2015).

2.6.6. Análise global

Os principais indicadores que permitem a implementação bem-sucedida dos sistemas PAYT estão relacionados com a redução da quantidade total de resíduos urbanos produzidos, a redução da produção total de resíduos indiferenciados e o aumento da quantidade resíduos recicláveis separados na origem. Existe uma elevada variedade de resultados da implementação dos sistemas PAYT, no entanto na União Europeia, em termos gerais, os resultados são semelhantes (Pires, 2013):

- Redução em 10% da quantidade total de resíduos produzidos;
- Redução em 30% da produção total de resíduos indiferenciados;
- Aumento da reciclagem em mais de 60%.

Conforme foi verificado, o tipo de sistemas PAYT utilizados varia consideravelmente. Os sistemas antes de implementados devem ser estudados detalhadamente de forma a melhorar as perspetivas de prevenção de resíduos e aumento da reciclagem, garantindo simultaneamente a recuperação dos custos com o serviço de gestão de resíduos. Os sistemas tarifários devem ser estruturados para introduzir incentivos para reduzir, de forma contínua, a quantidade de resíduos produzidos (Watkins et al, 2012).

Para além dos incentivos à redução da quantidade de resíduos produzidos, deve ser feito um reforço da reciclagem, introdução à compostagem e educação e sensibilização da população.

3. Caracterização do Sistema de Gestão de Resíduos do Município do Porto

O concelho do Porto é a cidade-pólo da Área Metropolitana do Porto, apresentando uma área de 41,4 km² (AMP, 2017). De acordo com a estimativa do INE para o ano de 2015, residiam no município do Porto cerca de 214 579 habitantes, distribuídos por sete freguesias, já mencionadas no ponto 1.3 (CMP, 2015a). Em 2016 foram produzidos 135 873 t de resíduos urbanos, com uma capitação de 1,409 kg/hab/dia (LIPOR, 2017a).

Relativamente à tipologia habitacional, é possível verificar na Figura 3.1 as zonas com edifícios de baixo/médio porte e com habitação em altura, por freguesia (CMP, 2015a).

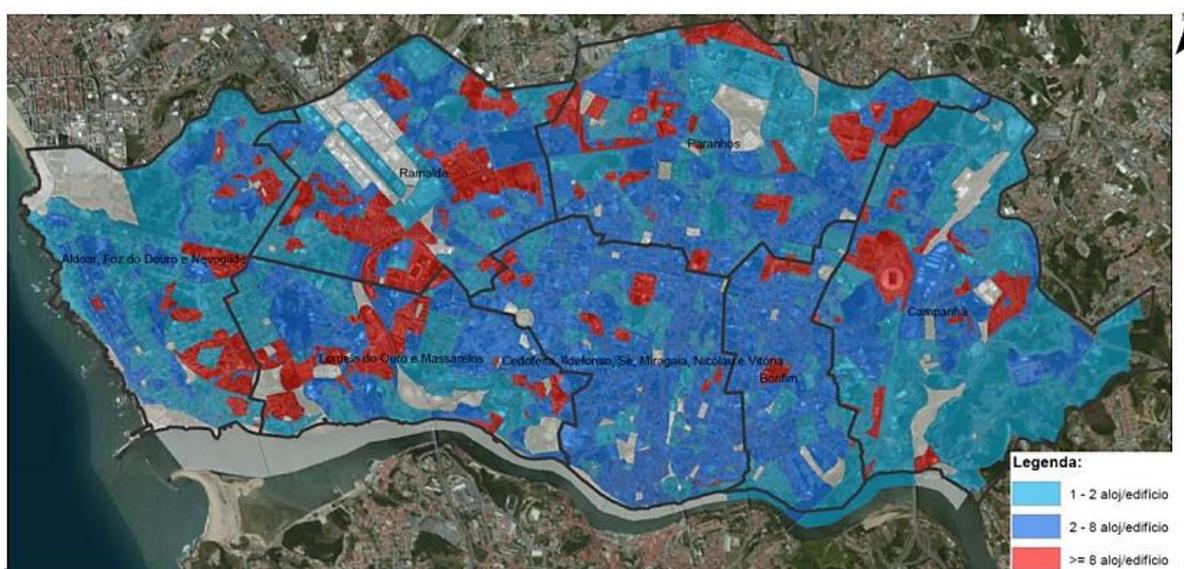


Figura 3.1 – Tipologia habitacional (CMP, 2015a)

3.1. Produção de resíduos

Os resíduos urbanos (RU) produzidos no município do Porto estão inseridos no Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, a LIPOR. Esta é a entidade responsável pelas operações de tratamento, valorização e confinamento dos RU onde se integra o concelho do Porto, juntamente com mais sete municípios (CMP, 2015b).

Como já foi referido, em 2016 foram rececionados na LIPOR 135 873 t de resíduos, correspondente a uma capitação de 1,409 kg/hab/dia, dos quais 82% foram recolhidos de forma indiferenciada e os restantes 18% de forma seletiva (LIPOR, 2017a).

No âmbito da campanha de caracterização efetuada pela LIPOR em 2016, foi apurada a composição dos resíduos indiferenciados (Figura 3.2) (CMP, 2017a). A presença de valorizáveis na fração indiferenciada dos resíduos correspondeu a cerca de 72%, sendo contabilizados os resíduos alimentares e de jardim, os plásticos, as embalagens de

alumínio, ferrosas, de vidro, de cartão e de papel, ECAL, jornais, revistas e folhetos, papéis de escritório, outras madeiras e outros resíduos em vidro e ferrosos que não embalagem. Destes valorizáveis destaca-se o peso dos resíduos alimentares, de jardim e de plástico (CMP, 2015a).

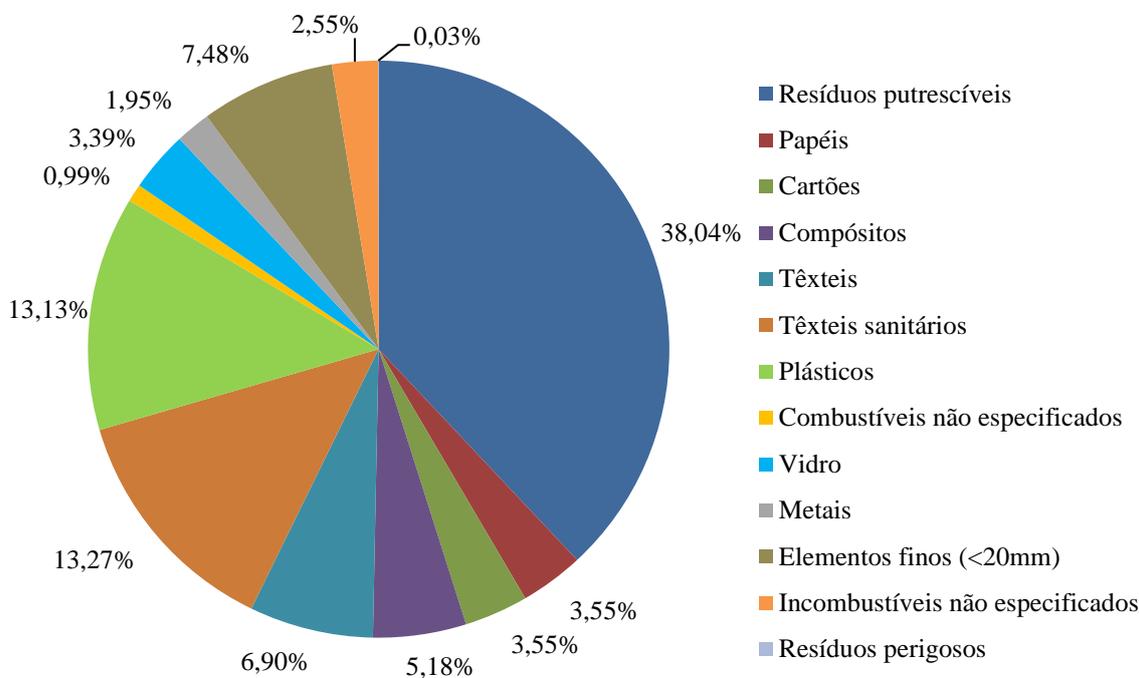


Figura 3.2 - Composição física dos resíduos indiferenciados (CMP, 2017a)

A produção total de RU em 2016, em termos de t/ano, é apresentada na tabela seguinte (LIPOR, 2017a).

Tabela 3.1 – Produção total de resíduos urbanos, por fluxo, no Município do Porto (LIPOR, 2017a)

	t/ano
Recolha Indiferenciada	111 851
Recolha Multimaterial	15 573
Papel	4 978
Plástico e Metais	2 814
Vidro	5 264
Baterias	0,08
Pilhas	1,94
Lâmpadas fluorescentes	1,46
Embalagens contaminadas	0,00
Madeiras	1 529
Monstros	758
REEE	226

Tabela 3.1 – Produção total de resíduos urbanos, por fluxo, no Município do Porto (Continuação)
(LIPOR, 2017a)

Biorresíduos	8 449
Orgânicos	5 088
Verdes	2 817
Verdes cemitérios	544

3.2. Sistema de Gestão de Resíduos

O atual sistema de recolha de resíduos e limpeza urbana do Município do Porto são assegurados pela DMLUT (zona CMP) e por duas empresas privadas, a Recolte (zona A) e a SUMA (zona B); realça-se que este sistema tem prevista uma reestruturação elevada num futuro próximo. Na Figura 3.3 é apresentada a divisão das três áreas de recolha (CMP, 2015b).

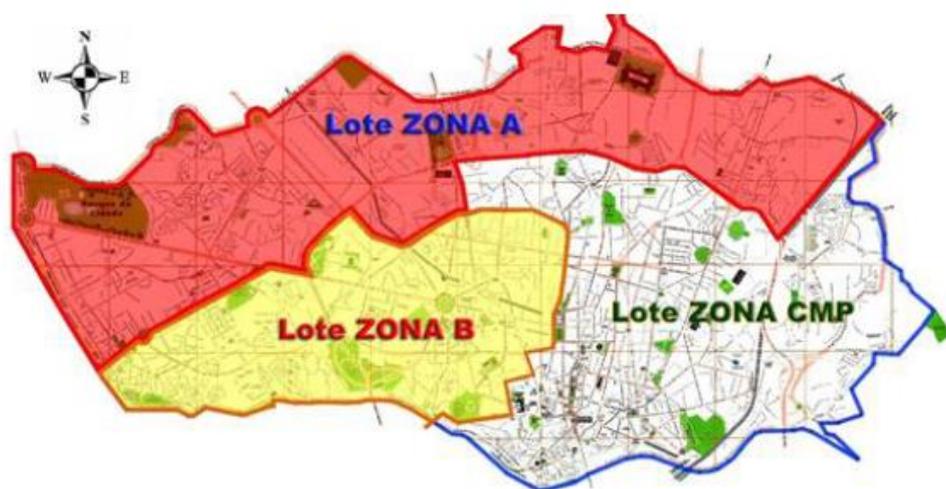


Figura 3.3 - Divisão das áreas de recolha (CMP, 2015b)

Futuramente, a estrutura deste modelo basear-se-á numa distribuição de serviços nos quais a CMP será responsável pela execução do serviço de recolha seletiva de resíduos em todo o município. Os restantes serviços (recolha indiferenciada e limpeza urbana) serão assegurados por prestadores de serviço, em duas áreas diferentes do município. Adicionalmente, foi criada uma Empresa Municipal, que será responsável pelo sistema municipal de gestão de resíduos e, como tal, será responsável pela execução dos serviços de recolha seletiva, bem como pela gestão das prestações de serviços que serão estabelecidas (CMP, 2017a).

Em 2016, 82% dos resíduos urbanos produzidos no município foram recolhidos de forma indiferenciada. Esta recolha é realizada através de contentores de superfície colocados na via pública e contentores em profundidade. Os restantes 18% dos resíduos foram recolhidos através de recolha seletiva, nomeadamente, recolha de ecopontos,

seletiva porta-a-porta em comércios e serviços, seletiva de orgânicos e verdes e ecocentros (LIPOR, 2017a).

Após a recolha, o tratamento e a valorização dos resíduos é efetuado nas diferentes unidades da LIPOR, onde é feita a preparação para reciclagem no centro de triagem, a compostagem de biorresíduos da recolha seletiva na central de valorização orgânica (CVO), a incineração com recuperação energética dos resíduos indiferenciados na central de valorização energética (CVE) e a deposição controlada em aterro para resíduos não perigosos que não podem ser valorizados (CMP, 2015a; CMP, 2015b).

Em seguida será feita uma descrição dos sistemas de recolha seletiva e indiferenciada de resíduos urbanos. Esta descrição é importante na medida em que poderá, eventualmente, ajudar a definir o tipo de sistema PAYT mais adequado, bem como determinar o impacto deste nos atuais sistema de recolha.

3.2.1. Recolha seletiva em ecopontos

Uma parte da recolha seletiva é feita através de uma rede de ecopontos constituída por 971 ecopontos, sendo 722 de superfície e 249 de profundidade e, cerca de 150 contentores isolados (vidrões). Para esta recolha são realizados 18 circuitos (CMP, 2017a).

No ano de 2016, foram recolhidos em ecopontos cerca de 9 634 t de resíduos (LIPOR, 2017a).

3.2.2. Recolha seletiva em ecocentros

No Município do Porto existem três ecocentros, Antas, Prelada e Castelo do Queijo, no entanto, só os dois primeiros é que se encontram em funcionamento, recebendo resíduos produzidos pelos munícipes, entidades e empresas. O terceiro ecocentro funciona apenas como uma estação de transferência interna, sendo colocados nesta instalação os resíduos verdes provenientes do Parque da Cidade, entre outros (CMP, 2015b).

Nos dois ecocentros em funcionamento são colocados resíduos de embalagens de plástico e metal, papel, cartão, vidro, resíduos verdes, monstros não metálicos, RCD, OAU, REE, sucata e outros resíduos que poderão ser valorizados. Também os resíduos recolhidos por serviços dedicados ao setor comercial e de serviços são encaminhados para os ecocentros das Antas e da Prelada (CMP, 2015b).

Em 2016 foram recolhidos cerca de 3 723 t de resíduos nos ecocentros (LIPOR, 2017a).

3.2.3. Recolha seletiva porta-a-porta não residencial

Além da recolha seletiva em ecopontos e ecocentros, o Município do Porto realiza um serviço de recolha seletiva porta-a-porta dedicado ao setor não residencial, sendo abrangidos estabelecimentos comerciais e de serviços, instituições e escolas. Com este tipo de recolha são recolhidos seletivamente resíduos dos três principais fluxos multimaterial (papel e cartão, plástico e metal, e vidro) e resíduos orgânicos alimentares (CMP, 2017a).

3.2.3.1.Recolha seletiva multimaterial

A CMP realiza um serviço de recolha seletiva multimaterial porta-a-porta não residencial baseado na utilização de sacos de plástico coloridos, fornecidos gratuitamente aos aderentes. Este serviço é feito através de cinco circuitos distintos na área de atuação da CMP, abrangendo cerca de 730 aderentes. Na restante área do Município, onde operam as empresas prestadoras de serviços, é realizado um serviço idêntico pela LIPOR (CMP, 2017a).

3.2.3.2.Recolha seletiva de orgânicos

Os resíduos orgânicos de origem alimentar, também são recolhidos através de um sistema de recolha porta-a-porta não residencial. Este sistema é baseado na utilização de contentores de dimensões variadas, ajustadas à produção de resíduos de cada aderente, sendo fornecidos gratuitamente. O sistema é constituído por cinco circuitos, três dos quais executados pela CMP e que abrangem cerca de 625 aderentes (CMP, 2017a).

3.2.4. Recolha seletiva de verdes

A recolha seletiva de verdes é feita ao domicílio, por solicitação, e é realizada também em cemitérios.

Em 2016 foram recolhidas 2 817 t de resíduos verdes, sendo que 544 t correspondem a verdes de cemitério (LIPOR, 2017a).

3.2.5. Outras recolhas seletivas

No Município do Porto há, também, a recolha de óleos alimentares usados (OAU), tendo sido instalados 61 oleões para a deposição deste tipo de resíduos (CMP, 2017a).

Esta instalação ocorreu no âmbito de um projeto entre a LIPOR, a Câmara do Porto e a EGI-Gestão de Resíduos, sendo a última a operadora responsável pela recolha e valorização dos OAU, bem como pela manutenção e limpeza dos oleões (CMP, 2015a).

3.2.6. Recolha indiferenciada

Para a recolha indiferenciada são utilizados 4 096 contentores, sendo 3 366 de superfície e 730 de profundidade. No total existem 35 circuitos efetuados pelas entidades responsáveis pela recolha (CMP, 2017a).

Em 2016, a produção de resíduos indiferenciados foi de 111 851 t (LIPOR, 2017a).

3.3. Equipamentos de Deposição de Resíduos

Segundo o Código Regulamentar do Município do Porto:

- “Os resíduos urbanos devem ser depositados nos recipientes e equipamentos aprovados pelo Município de modo adequado, bem acondicionados, garantindo condições de higiene e de salubridade.”
- Os equipamentos do sistema de deposição dos resíduos urbanos previstos são:
 - “a) Contentores normalizados de utilização coletiva de 800 litros e 1000 litros de capacidade, (...) colocados na via pública ou instalados em postos especiais de receção; b) Contentores de utilização coletiva de grande capacidade (5000 litros, 10 000 litros e 17 000 litros ou outra que venha a ser definida), com ou sem compactação; c) Contentores em profundidade, de utilização coletiva, com capacidade de 5000 litros (...); d) Contentores herméticos normalizados, de utilização particular, com capacidade de 25, 120, 800 e 1000 litros, (...) e embalagens individuais não recuperáveis de papel ou plástico, em zonas não dotadas de equipamento de uso coletivo; e) Papeleiras e outros recipientes similares para a deposição de pequenos resíduos produzidos nas vias e outros espaços públicos; f) Contentores especiais disponibilizados para a deposição de monstros; g) Contentores especiais disponibilizados para a deposição de resíduos provenientes das operações de limpeza e manutenção de jardins ou quaisquer outras áreas verdes; h) Contentores especiais disponibilizados para a deposição diferenciada de materiais passíveis de valorização” (CMP, 2017b).

Os equipamentos de deposição existentes no Município do Porto, bem como as suas características são apresentados na tabela abaixo.

Tabela 3.2 - Características dos equipamentos de deposição

Tipo de Equipamento	Características
<p>Citytainer</p> 	<p>É constituído por uma plataforma metálica única, capaz de alojar desde 1 até 4 contentores de 3000 ou 5000 L. A plataforma está situada sob a superfície da via pública e os contentores ficam completamente enterrados (TNL, 2012).</p>
<p>Molok</p> 	<p>Contentores semienterrados com capacidades de 3 ou 5 m³. O sistema de extração pode ser flexível (saco convencional ou MasterBag) ou rígido (contentor metálico). O saco convencional constitui o elemento de extração de resíduos, sendo necessário utilizar um saco descartável na recolha indiferenciada. O saco MasterBag e o contentor metálico permitem a retenção dos lixiviados, não sendo necessário saco descartável em ambos (Sopsa, 2012).</p>
<p>Cyclea</p> 	<p>Contentor produzido em PEAD no exterior. Tem uma base metálica e alçapão ligados por tirantes ou garfo de suporte à armadura. A armadura suporta todos os esforços verticais quando o contentor é manipulado. Têm capacidades de 1500 ou 2500 L (Ovo Solutions, 2012).</p>
<p>Compartimento de resíduos (CRL)</p> 	<p>Compartimento que se destina ao armazenamento de equipamentos normalizados para deposição de resíduos urbanos. É um dos sistemas de deposição de resíduos urbanos previsto na legislação do município do Porto (OET Norte).</p>
<p>Contentor com Compactador</p>	<p>Contentores metálicos de grandes dimensões, que apresentam capacidade de 20 m³, dotado de sistema de compactação. Este tipo de equipamento serve para a recolha indiferenciada (CMP, 2015b).</p>
<p>Contentores de Chapa</p>	<p>Contentores metálicos de 1000 L utilizados em situações ou locais onde se verifiquem atos de vandalismo, como a queima de contentores (CMP, 2015b).</p>

Tabela 3.2 - Características dos equipamentos de deposição (Continuação)

Tipo de Equipamento	Características
<p>Vidrão</p> 	<p>Contentores utilizados para colocar o vidro. Têm, normalmente, forma de iglô e capacidade de 1,5 e 2,5 m³ (Sopinal, 2014).</p>
<p>Contentor PEAD</p> 	<p>Contentores habitualmente verdes com capacidade dos 60 aos 360 L com duas rodas, 660 aos 1100 L com quatro rodas e tampa plana e 1100 L com quatro rodas e tampa redonda (Sopinal, 2017).</p>
<p>Ecobox</p> 	<p>Contentores em polietileno de alta ou média densidade com uma boca de deposição. Tem capacidades de 240, 360 ou 750 L (Ovo Solutions, 2013).</p>
<p>Ecomil</p> 	<p>Contentores idênticos aos contentores PEAD com capacidade de 1000 L, utilizados na recolha seletiva (CMP, 2015b).</p>
<p>Oleão</p> 	<p>Contentor de 240 L para a colocação de óleos alimentares usados (OAU) (CMP, 2015b).</p>
<p>Sacos</p> 	<p>Sacos plásticos coloridos (verde, amarelo e azul) de capacidade 90 L (vidro) e 120 L (papel e cartão e embalagens de plástico e metal), utilizados na recolha seletiva multimaterial (CMP, 2015b).</p>

3.4. Sistema Tarifário de Resíduos Urbanos

Segundo a Deliberação nº 928/2014 “são atividades do serviço de gestão de resíduos urbanos: a) a recolha de indiferenciada de resíduos; b) o tratamento de resíduos resultantes da recolha indiferenciada e dos respetivos refugos e rejeitados; c) a recolha seletiva de resíduos; d) o tratamento de resíduos da recolha seletiva e dos respetivos refugos e rejeitados”. Deste modo, é necessário aplicar um sistema tarifário para que o custo da prestação destas atividades aos cidadãos seja recuperado.

No Município do Porto, o sistema tarifário em vigor está indexado ao consumo de água, portanto os munícipes pagam os resíduos que produzem consoante a quantidade de água que consomem. Este sistema, aplicável aos utilizadores domésticos¹ e não-domésticos², é composto por uma tarifa de disponibilidade (tarifa fixa) e por uma tarifa variável. A tarifa de disponibilidade consiste num valor fixo, €, que é cobrado mensalmente aos cidadãos e que corresponde à disponibilidade do serviço. A tarifa variável consiste num valor variável, €/m³, que é cobrado mensalmente aos cidadãos em função da quantidade de água consumida por estes (CMP, 2015c).

Na Tabela 3.3 são apresentados os valores das tarifas em vigor para ambos os tipos de utilizadores (CMP, 2017b).

Tabela 3.3 – Tarifas em vigor para a gestão de resíduos (CMP, 2017b)

Utilizador	Tarifa	Valor
Doméstico	Disponibilidade (€/mês)	1,45
	Variável (€/m ³)	0,40
Não-Doméstico	Disponibilidade (€/mês)	8,98
	Variável (€/m ³)	0,52

O encargo médio anual por família com a gestão de resíduos é de 64,88€, sendo este valor obtido através das componentes da tarifa presentes na Tabela 3.3 e, tendo em consideração que a quantidade de água consumida anualmente é cerca de 119 m³ (CMP, 2017a).

Não sendo possível a obtenção dos dados de 2016, dado que estes ainda não foram aprovados, sabe-se que, no ano de 2015, os proveitos totais da prestação do serviço e os custos totais do sistema de gestão de resíduos urbanos foram de 9 271 915 € e 15 808 858 €, respetivamente. Conclui-se, assim, que a cobertura dos gastos totais do sistema de gestão de resíduos urbanos foi de aproximadamente 59% (CMP, 2017a).

3.5. Metas Estabelecidas no PERSU 2020

No âmbito do PERSU 2020 foram estabelecidas metas aplicáveis aos sistemas de gestão de resíduos, onde está incluído o sistema LIPOR. Como o Município do Porto é

¹ “Usam prédios urbanos para fins habitacionais, com exceção das utilizações para as partes comuns, nomeadamente as dos condomínios”.

² “Não estão abrangidos nos domésticos, incluindo o Estado, as autarquias locais, os fundos e serviços autónomos e as entidades dos setores empresariais do Estado e das autarquias”.

um dos municípios que pertence ao sistema de gestão de resíduos da LIPOR, é exigido o contributo deste para atingir os valores estabelecidos, sendo fixadas metas. Na tabela seguinte são apresentadas as metas fixadas para a LIPOR e para o Município do Porto, bem como os valores alcançados em 2016 e os valores intercalares do ano corrente (CMP, 2017a; LIPOR, 2017b).

Tabela 3.4 – Posicionamento face às metas estabelecidas no PERSU 2020 para o Sistema LIPOR e para o Município do Porto (CMP, 2017a; LIPOR, 2017b)

	Diminuição da Deposição de RUB em Aterro	Preparação para Reutilização e Reciclagem	Retomas com Origem em Recolhas Seletivas (kg/hab/ano)
Metas fixadas para o sistema LIPOR	<10%	35%	50,00
Resultados intercalares do sistema LIPOR em 2017	0,03%	29,20%	42,41
Metas fixadas para o Município do Porto em 2020	-	30,66%	60,63
Metas fixadas para o Município do Porto em 2016	-	24,27%	52,76
Resultados do Município do Porto em 2016	-	25,86%	56,59
Metas fixadas para o Município do Porto em 2016	-	28,55%	57,00
Resultados intercalares do Município do Porto em 2017	-	25,58%	54,94

Para o sistema LIPOR, apenas a meta fixada para a deposição em aterro em 2020 está já cumprida. Verifica-se que o Município do Porto ainda não conseguiu alcançar as metas fixadas para 2020. Contudo, as metas intercalares para o ano de 2016 foram superadas. Relativamente a 2017, é verificado um decréscimo dos resultados quando comparado com 2016, no entanto, apenas no final do ano corrente será possível concluir acerca do cumprimento das metas estabelecidas.

Desta forma, e numa perspetiva de apoio ao sistema de gestão onde se insere, o Município do Porto tem o intuito de contribuir para o cumprimento das metas estabelecidas no PERSU 2020, através da implementação das medidas presentes no PAPERUSU.

A estratégia definida neste Plano de Ação visa conduzir à redução da produção e recolha dos resíduos urbanos, bem como ao aumento dos valores de retomas com origem em recolhas seletivas e dos valores da preparação para reutilização e reciclagem.

4. Implementação do sistema PAYT na zona de Serralves

De acordo com o PAPERSU, a ação 15 compreende a implementação do sistema tarifário PAYT no Município do Porto. Neste plano está previsto o estudo e teste de soluções que permitam a implementação deste tipo de sistema no concelho assim como a aquisição de equipamentos. Esta ação tem a intenção de alterar o comportamento dos cidadãos, reduzindo as quantidades de resíduos produzidos e aumentando a quantidade separada e enviada para reciclagem.

O Município do Porto tem vindo a desenvolver, em parceria com a LIPOR, estudos no sentido de definir uma zona piloto para implementar a recolha porta-a-porta, dando cumprimento ao PAPERSU. Na zona de Serralves já está a ser efetuado um estudo de implementação da recolha PaP sendo, por isso, a zona escolhida para estudar a implementação do sistema PAYT.

Os dados que serão apresentados, a nível de caracterização demográfica e habitacional, quantitativos de recolha, dimensionamento de equipamentos de deposição e circuitos de recolha e custos, correspondem a resultados intercalares que constam dos estudos que se encontram em desenvolvimento.

4.1. Caracterização Demográfica

A zona em estudo tem uma área total de 1,6 km² (CMP, 2017c). De acordo com os Censos 2011 e estimativas do INE para a população em 2015, é estimada uma população de 2 281 habitantes na zona de Serralves, o que corresponde a 1% da população do concelho do Porto (CMP, 2016). Na Figura 4.1 é apresentado o mapa da zona em estudo.

No Anexo I é apresentada uma tabela com os arruamentos que estão parcial ou totalmente abrangidos pela zona em estudo (CMP, 2016).



Figura 4.1 – Mapa da zona em estudo (Google Earth, 2017)

Na Tabela 4.1 é apresentada a percentagem de habitantes de acordo com o grau de habilitações (CMP, 2017c).

Tabela 4.1 – Grau de habilitação literária da população na zona piloto

Grau de habilitação	% de habitantes
1º Ciclo do ensino básico	15
2º Ciclo do ensino básico	9
3º Ciclo do ensino básico	14
Ensino secundário	18
Ensino superior	44

De acordo com a Tabela 4.1, mais de metade da população, 62%, possui habilitações ao nível do ensino secundário ou do ensino superior o que torna esta zona apelativa para a implementação deste sistema, pois entende-se ser mais fácil sensibilizar e implementar este tipo de soluções em população com maior nível de formação.

4.2. Caracterização Habitacional e Topográfica

No que se refere à tipologia dos edifícios, a zona de Serralves é composta, maioritariamente, por edifícios de baixo porte, com 1 ou 2 pisos. Foram identificados 877 edifícios, estando 3 deles em ruína. Excluindo os três edifícios em ruína, foram contabilizados 997 fogos, dos quais 23 são não residenciais. Nas Tabelas 4.2 e 4.3 são apresentados o número de edifícios por número de pisos e por número de fogos, respetivamente, e o respetivo número total de fogos (CMP, 2016).

Tabela 4.2 – Tipologia dos edifícios por nº de pisos/edifício e respetivo nº de fogos na zona em estudo

Nºpisos/edifício	Edifícios existentes		Fogos existentes					
			Total		Residenciais		Não residenciais	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
1	27	3	38	4	36	4	2	9
2	540	62	578	58	572	59	6	26
3	303	35	353	35	342	35	11	48
4	4	0	28	3	24	2	4	17
Total	874	100	997	100	974	100	23	100

Tabela 4.3 – Tipologia dos edifícios por nº de fogos/edifício e respetivo nº de fogos na zona em estudo

Nº fogos/edifício	Edifícios existentes		Fogos existentes					
			Total		Residenciais		Não residenciais	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
0 ¹	4	0	0	0	0	0	0	0
1	805	92	805	81	792	81	13	57
2	45	5	90	9	88	9	2	9
3	7	1	21	2	18	2	3	13
4	5	1	20	2	19	2	1	4
6	3	0	18	2	18	2	0	0
7	2	0	14	1	12	1	2	9
8	1	0	8	1	6	1	2	9
9	1	0	9	1	9	1	0	0
12	1	0	12	1	12	1	0	0
Total	874	100	997	100	974	100	23	100

¹No estudo que serve como base a estes dados, não é referido o tipo de situação a que se refere este caso.

Das tabelas é possível verificar que a zona é constituída maioritariamente por edifícios de baixo porte, uni ou bifamiliares, sendo que 65% dos edifícios possui 1 ou 2 pisos e 97% tem 1 ou 2 fogos.

Dos fogos contabilizados, existem 34 não ocupados em edifícios degradados/abandonados e edifícios em obras. Relativamente aos edifícios

degradados/abandonados, existem 25 fogos residenciais, 1 não residencial e os restantes 8 fogos são residenciais e estão em edifícios em obras (CMP, 2016).

4.3. Quantitativos de Recolha

Os quantitativos de resíduos urbanos recolhidos na zona em estudo foram obtidos tendo em conta os valores de produção de resíduos no concelho e da população em 2015. Como já foi referido anteriormente, em 2015, a população do concelho era de 214 579 habitantes e a população da zona em estudo era de 2 281 habitantes. Na Tabela 4.4 são apresentadas as quantidades de resíduos urbanos recolhidos no concelho e na zona em estudo (CMP, 2016). De salientar que, para obtenção dos resultados na zona em estudo, foram tidas em consideração as capitações verificadas no concelho do Porto.

Tabela 4.4 - Quantidades de resíduos urbanos recolhidos no concelho do Porto e na zona em estudo

	Concelho do Porto		Zona em estudo
	t/ano	kg/hab/ano	t/ano
Total	118 445	549	1 253
Papel/cartão	4 847	22	51
Emb. plást. /metal/ECAL ¹	2 451	11	26
Vidro	2 079	9	20
Resíduos indiferenciados	109 068	507	1 155

¹ Em. Plást. - Embalagens de plástico, ECAL – Embalagens de cartão para alimentos líquidos

De acordo com o PAPERSU, a recuperação dos recicláveis dos três fluxos, entre 2017 e 2020 é de 30 a 35% do potencial contido nos resíduos urbanos. No estudo realizado considera-se que os 35% são atingidos só em 2020. Em 2017, os quantitativos a recolher previstos estão presentes na Tabela 4.5. Estes valores têm em consideração a população e a produção anual de resíduos em 2015 (CMP, 2016).

Tabela 4.5 – Quantitativos a recolher previstos no ano de 2017 na zona em estudo

Fluxo	% do potencial	kg/hab/ano	t/ano	t/semana
Papel/cartão	33%	23	53	1,0
Emb. plást/ metal/ECAL ¹	29%	23	53	1,0
Vidro	30%	14	33	0,6
Indiferenciado	-	488	1 113	21,4

¹ Em. Plást. - Embalagens de plástico, ECAL – Embalagens de cartão para alimentos líquidos

4.4. Sistema de Contentorização

Ao nível de equipamentos de deposição, a zona em estudo tem, para cada fogo, 4 contentores empilháveis, sendo 1 para cada fração multimaterial, de 40 L de capacidade, e 1 para a fração indiferenciada, de 60 L de capacidade, de acordo com os dados apresentados na Tabela 4.6. Para cada edifício com mais de 3 fogos existem, adicionalmente, contentores coletivos, para cada fração, sendo a capacidade em função do número de fogos existente. Os fogos não residenciais também têm 4 contentores, um para cada fração (CMP, 2016). Para a determinação das capacidades de deposição necessárias, no estudo de referência foram consideradas as seguintes frequências de recolha:

- Papel/cartão: 1 vez por semana
- Embalagens de plástico/metálico/ECAL: 2 vezes por semana
- Vidro: de 2 em 2 semanas
- Indiferenciado: 2 vezes por semana

Tabela 4.6 – Capacidade de deposição necessária para cada fogo da zona piloto

Fluxo	Frequência de recolha	Nº de recolhas/ano	Peso específico kg/m ³	Quantidade recolhida		Capacidade de deposição necessária L/fogo	Capacidade do contentor atribuído/ fogo L/fogo
				t/ recolha	kg/ fogo residencial		
Papel/cartão	1x/semana	52	70	1,0	1,1	15	40
Emb. plást. ^{1/} / metal/ECAL	2x/semana	104	50	0,5	0,5	11	40
Vidro	De 2 em 2 semanas	26	300	1,3	1,4	5	40
Indiferenciado	2x/semana	104	200	10,7	11,4	57	60

¹ Em. Plást. - Embalagens de plástico, ECAL – Embalagens de cartão para alimentos líquidos

Uma vez que as quantidades recolhidas se apresentam de acordo com o potencial de recuperação previsto (29-33%), entende-se ser necessária uma capacidade de deposição a atribuir (ver coluna “capacidade do contentor atribuído”) superior à necessária pois entende-se que existirão variações (casos em que separam muito pouco e casos em que separam muito) assim como para garantir a sustentabilidade futura da solução, com maiores taxas de recuperação.

Na Tabela 4.7 são apresentadas as capacidades dos contentores coletivos colocados nos edifícios com mais de 3 fogos. Na Tabela 4.8 são indicados os números totais dos contentores individuais e coletivos a atribuir (CMP, 2016).

Tabela 4.7 – Capacidade e número dos contentores coletivos atribuídos a cada edifício com mais de 3 fogos da zona em estudo

Nº fogos /edifício	Capacidade e nº de contentores								
	Papel/cartão		Embalagens		Vidro	Indiferenciado			
	140 L	240 L	140 L	240 L	140 L	140 L	240 L	360 L	800 L
4	1	-	1	-	1	-	1	-	-
6	1	-	1	-	1	-	-	1	-
9-12	-	1	-	1	1	-	-	-	1

Tabela 4.8 – Capacidade e número dos contentores individuais e coletivos atribuídos na zona em estudo

Capacidade dos contentores (L)		Contentores individuais (fogos residenciais)	Contentores individuais (fogos não residenciais)	Contentores coletivos (fogos residenciais)	Contentores coletivos (fogos não residenciais)
Papel/Cartão	40	941	22	-	-
	140	-	-	8	-
	240	-	-	2	-
Embalagens	40	941	22	-	-
	140	-	-	8	-
	240	-	-	2	-
Vidro	40	941	22	-	-
	140	-	-	10	-
	240	-	-	-	-
Indiferenciado	60	941	22	-	-
	140	-	-	-	-
	240	-	-	2	-
	360	-	-	6	-
	800	-	-	2	-
Total		3764	88	40	-

No total serão necessários 3892 contentores, sendo 3764 contentores individuais para fogos residenciais, 88 contentores individuais para fogos não residenciais e os restantes 40 contentores coletivos para fogos residenciais. Em termos da capacidade dos contentores, dos 3892, 2889 são de 40 L, 963 são de 60 L, 26 de 140 L, 6 de 240 L, 6 de 360 L e 2 de 800 L.

Para efeitos de dimensionamento do sistema considera-se uma reserva de cerca de 10% relativamente ao total necessário. Assim, e considerando um arredondamento, o total de meios de deposição a adquirir será de 4300 contentores, dos quais 3180 são para 40 L de capacidade, 1060 para 60 L, 30 para 140 L e 10 para cada 240, 360 e 800 L (CMP, 2016).

4.5. Circuitos de Recolha

Os circuitos de recolha são um parâmetro importante para estruturar o sistema de gestão de resíduos urbanos. Para se determinar os melhores circuitos que permitam otimizar a recolha, é necessário ter em conta vários parâmetros, nomeadamente, as quantidades a recolher (já apresentadas na Tabela 4.6); a capacidade máxima da carga do veículo de recolha (papel/cartão – 2,3 t, embalagens – 1,2 t, vidro – 6,0 t e indiferenciado – 6,0 t); o período da recolha (6,0 a 6,5 h); os pontos de partida e chegada das viaturas (instalações do Município) e, o ponto e tempo de descarga dos veículos (LIPOR I para recolha seletiva e LIPOR II para recolha indiferenciada com tempo de descarga de 10 min) (CMP, 2016).

No estudo em desenvolvimento foram definidos 5 circuitos, sendo dois para recolha indiferenciada dada a capacidade máxima do veículo ser inferior aos quantitativos a recolher. Os circuitos para os três fluxos da recolha seletiva são idênticos, sendo necessário apenas um circuito para cada fluxo.

Relativamente à recolha dos resíduos indiferenciados, os circuitos desenvolvidos têm durações mais reduzidas, 2,9 h e 4,1 h, quando comparados com as 6,0 h a 6,5 h de período efetivo que foi estabelecido para a recolha.

No caso da recolha seletiva, o circuito de recolha tem a duração de 5,5 h, sendo que a folga relativamente ao período efetivo da recolha estimado poderá permitir aumentar o número de contentores existentes no futuro (CMP, 2016).

No Anexo II é apresentada uma tabela com as características dos circuitos de recolha (CMP, 2016).

No mesmo estudo é ainda referido que, para a execução dos cinco circuitos dos três fluxos da recolha seletiva e da recolha indiferenciada, é necessário considerar equipas de recolha com 1 motorista e 2 ajudantes, o regime de funcionamento do pessoal e dos veículos é de 5 dias/semana, de 2^a a 6^a feira, partilha de meios entre a recolha indiferenciada e seletiva e dias fixos de recolha para cada um dos fluxos. Assim, é necessário 2 veículos e 2 equipas de modo a se conseguir executar as recolhas em cada período de 4 semanas (CMP, 2016).

4.6. Análise de Custos do Sistema de Gestão Atual

As estimativas dos custos do sistema de recolha porta-a-porta projetado para a zona piloto foram realizadas no âmbito do projeto em desenvolvimento (CMP, 2016). Os valores estimados têm em conta o investimento efetuado e os custos de exploração.

4.6.1. Investimento

No caso do investimento efetuado, é necessário ter em conta duas parcelas: os equipamentos de deposição e os veículos de recolha (Tabela 4.9).

Os equipamentos de deposição, como já referido no ponto 4.4, envolvem contentores com capacidades de 40 e 60 L (empilháveis) e de 140, 240, 360 e 800 L. Os custos unitários dos contentores considerados já têm em conta a colocação de chip. O estudo considera um tempo de vida médio dos equipamentos de 6 anos, sendo os respetivos custos de aquisição distribuídos anualmente pelo período de vida útil considerado (CMP, 2016).

Relativamente aos veículos de recolha, considerou-se que serão necessários 2 veículos com 19 t de peso bruto e 15 m³ de capacidade de caixa, com um custo unitário de 150 000 €. A afetação média dos veículos ao sistema de recolha é de 65%. A vida útil estimada é de 8 anos. Tal como no caso dos equipamentos, o custo de aquisição das viaturas foi distribuído anualmente pelos 8 anos de vida útil considerados (CMP, 2016).

Tabela 4.9 – Investimento a efetuar na zona piloto

		Quantidades	Custo unitário (€)	Total (€)	Afetação	Vida útil média (anos)	Custo médio anual (€)
Contentores	40L	3 180	22	69 960	100%	6	11 660
	60L	1 060	28	29 680	100%	6	4 950
	140L	30	35	1 050	100%	6	180
	240L	10	100	1 000	100%	6	170
	360L	10	110	1 100	100%	6	190
	800L	10	130	1 300	100%	6	220
Veículos de recolha		2	150 000	300 000	65%	8	24 380
Total				404 090	299 100€		41 800

Através da tabela verifica-se que o investimento total que está afeto ao sistema de recolha projetado para a zona em estudo é da ordem dos 300 000 €. Considerando os

tempos de vida útil para os equipamentos de deposição e para os veículos de recolha, o custo médio anual é de 41 800 €.

4.6.2. Custos de exploração

Para os custos de exploração é necessário ter em conta a deposição e recolha, custos gerais, sensibilização e custos de enquadramento, que se detalham de seguida.

No que se refere à componente dos custos associada à deposição e recolha, consideram-se os custos com pessoal e operação dos veículos de recolha. Em termos de pessoal, são necessários 2 motoristas e 4 ajudantes de recolha, com um vencimento anual de 13 833 € e 15 419 €, respetivamente (incluindo 14 meses, horas extras, subsídios e encargos legais).

No caso dos veículos de recolha, estima-se um consumo de combustível na ordem dos 4 600 L/ano, com base nas distâncias anuais percorridas, que são cerca de 18 300 km. O consumo médio dos veículos é de 25 L gasóleo/100 km e considera-se um custo médio do gasóleo de 1,3 €/L. Relativamente à manutenção dos veículos, é considerado um custo anual de 8% do correspondente custo de aquisição (CMP, 2016).

Para os custos gerais, que correspondem, entre outros, à água, eletricidade e limpeza de instalações, considerou-se um peso de 2% sobre os custos de deposição, recolha e transferência.

Para o parâmetro da sensibilização, estão previstas campanhas nos municípios integrados no sistema LIPOR, durante um período de três anos, com um custo total de 340 000 €. Para o município do Porto é considerada uma afetação de 48 000 €, sendo metade prevista para a zona em estudo, uma vez que o total se destina a abranger duas zonas piloto. O custo considerado foi então de 24 000 €, estando repartido de forma idêntica nos três anos (CMP, 2016).

O custo de enquadramento diz respeito a pessoal, instalações e despesas gerais do concelho e LIPOR e considera-se que tem um peso de 3% sobre o total dos custos apresentados anteriormente.

Na Tabela 4.10 são apresentados os custos de exploração.

Tabela 4.10 – Custos de exploração da zona em estudo

	Quantidades	Custo unitário (€)	Custo total (€)	Afetação	Custo médio anual (€)
Custo anual					41 800
Deposição e recolha					
Pessoal					
Motoristas	2	13 833	27 666	65%	17 990
Ajudantes	4	15 419	61 676	65%	40 090
Veículos					
Combustível	4 600 L/ano	1,30	5 980	100%	5 980
Manutenção			24 000	65%	15 600
Custos gerais					1 600
Sensibilização					8 000
Enquadramento					2 680
Total					133 800

Através da tabela anterior é possível concluir que o custo de exploração anual é de 133 800 €.

4.7. Implementação do Sistema PAYT

A implementação do sistema PAYT na zona de Serralves irá implicar algumas mudanças no sistema de gestão de resíduos urbanos que se encontra em vigor, bem como no sistema tarifário que é atualmente aplicado. Estes aspetos serão discriminados de seguida.

Como é uma zona onde irá ser implementada a recolha porta-a-porta, e os contentores já terão chips incorporados, o tipo de sistema PAYT mais adequado será com base na massa, no caso da identificação do contentor e, com base no volume se for considerada a identificação do utilizador. Isto varia de acordo com as tipologias das habitações existentes. De seguida descrevem-se os sistemas e um levantamento específico de soluções de mercado.

4.7.1. Habitações uni/bifamiliares

Como já foi referido no ponto 4.4, as habitações uni/bifamiliares estarão equipadas com 4 contentores, sendo três de 40 L para cada um dos três fluxos da recolha seletiva e um de 60 L para a recolha indiferenciada. Dado que os contentores já têm um chip RFID incorporado, utilizar esta tecnologia para determinar a quantidade de resíduos produzidos neste tipo de habitações é a solução mais adequada. Relativamente ao tipo de etiqueta RFID a utilizar, verifica-se que as etiquetas passivas são as mais baratas e, o facto de serem mais resistentes a ambientes agressivos, torna-as mais atrativas para incorporar nos

contentores. Este tipo de etiquetas RFID têm sido as mais utilizadas, considerando-se as que operam na banda de frequência ultra-alta as mais adequadas para este sistema.

Existem algumas soluções já disponíveis no mercado, a título de exemplo, uma das empresas que fornece este tipo de equipamento é a *Resopre*. O projeto “Sistema de Identificação Envicomp ID com computador de bordo” é constituído por computador de bordo na cabine (1/2), ligação à alimentação da placa e ignição (3), caixa E/S com placa E/S, um leitor e modem GPRS (4), conjunto de cabos especial para alimentação e comunicação (5), antena montada no elevador (6) e terminal portátil para introduzir o nº de viagens, comentários, entre outros (7). O funcionamento do sistema é realizado da mesma forma como foi descrito anteriormente no ponto 2.5.1.4. O sistema de *software* pode variar consoante as necessidades do cliente. Na Figura 4.2 é apresentado o veículo de recolha com o sistema incorporado.

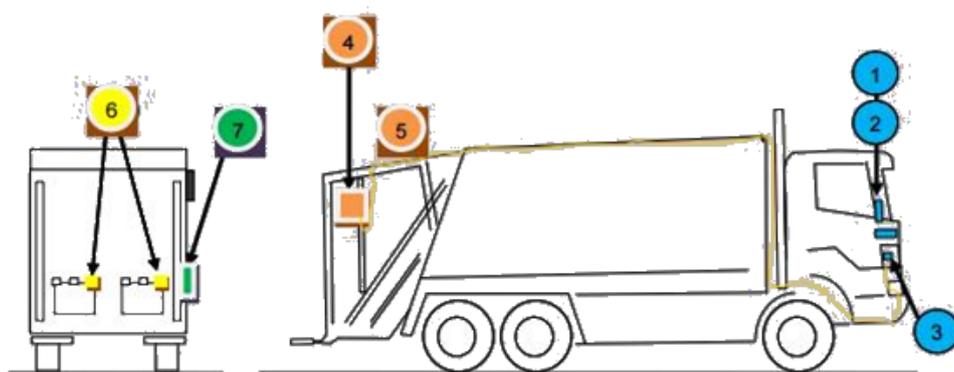


Figura 4.2 – Veículo de recolha com o sistema de identificação incorporado (Resopre, 2017)

4.7.2. Habitações multifamiliares

As habitações multifamiliares, com mais de 3 fogos, estão equipadas, adicionalmente, com contentores coletivos para cada uma das quatro frações, sendo que os de 140 L de capacidade são utilizados para os 3 fluxos de multimaterial, os de 240 L são para a fração de papel/cartão, embalagens e resíduos indiferenciados e os de 360 e 800 L são só para resíduos indiferenciados.

Para o uso de contentores coletivos, considera-se que a solução mais adequada para conseguir contabilizar a quantidade de resíduos produzidos pelos residentes, será a utilização de um cartão de identificação (*smart-key*), pessoal e atribuído a cada cliente. O sistema é baseado na utilização de um contentor com um tambor de identificação, no qual é assumido um volume máximo por deposição (por exemplo, 30L de capacidade), sendo o acesso realizado por *smart-key*. O tambor, que tem incorporado um leitor de cartões,

contabiliza o número de deposições efetuadas por cada cartão de identificação, determinando o volume depositado por cada utilizador. Posteriormente, os dados armazenados relativos à utilização do contentor são importados para uma base de dados onde são geridos e tratados em *backoffice*.

Existem algumas soluções no mercado. A título de exemplo, uma empresa que fabrica este tipo de equipamentos é a *EMZ – Hanauer*. O contentor tem um tambor (wastelock) com um sistema de gravação de dados dos resíduos, sendo a abertura deste feita através de uma *smart-key*. Desta forma, o utilizador é registado assim que coloca a *smart-key* e é armazenado o número de deposições realizadas por este. Para além de identificar o utilizador e abrir o tambor do contentor, a *smart-key* fornece a energia necessária para a abertura do sistema. Os dados gravados são enviados para um *software* para serem tratados. Após a gestão e o tratamento dos dados recebidos, é criado um sistema tarifário.

Na Figura 4.3 é apresentado um exemplo do contentor com wastelock e *smart-key*.



Figura 4.3 – Contentor com wastelock (à esquerda) e *smart-key* (à direita) (EMZ-Hanauer, 2017)

4.8. Restruturação do Sistema de Gestão Atual

A implementação do sistema PAYT implica o investimento em novas tecnologias e outros recursos assim como a alteração do sistema de gestão de resíduos atual, nomeadamente, com afetação em termos económicos. Em sequência, também o sistema tarifário em vigor necessita de alterações, de forma a tornar o sistema de gestão de resíduos economicamente sustentável.

4.8.1. Análise de custos

Tendo em consideração as soluções propostas no ponto 4.7, é necessário determinar o custo da implementação do sistema PAYT. Desta forma, a análise de custos realizada no ponto 4.6 foi complementada com os custos correspondentes à tecnologia associada ao sistema PAYT. De seguida são descritas as componentes do custo anteriormente analisadas, incluindo adicionalmente os custos inerentes à implementação da tecnologia de suporte do sistema PAYT.

4.8.1.1. Custos de investimentos

Relativamente aos custos de investimento, tal como referido anteriormente, estes correspondem aos equipamentos de deposição e aos veículos de recolha.

Os equipamentos de deposição necessitam de chip RFID e, no caso dos contentores coletivos, é necessário um tambor com sistema de identificação, como já referido. Em todos os contentores coletivos será instalado um tambor de identificação, no entanto apenas os resíduos indiferenciados serão contabilizados no novo sistema tarifário. Relativamente aos equipamentos, o custo unitário considerado no ponto 4.6 já inclui a colocação do chip RFID. Quanto aos contentores coletivos, é necessário ter em conta a instalação do wastelock e a aquisição de *smart-key*. O custo da *smart-key* varia entre os 4 e os 5 € mas, no caso do wastelock os preços encontrados variam consideravelmente. Deste modo, fez-se uma estimativa do custo considerando a média entre os valores encontrados de 1 650 e os 2 700 € (ARC, 2010).

No que diz respeito aos veículos de recolha, é necessário instalar um sistema de registo e identificação de RFID como já foi referido, sendo que o preço do modem GPRS varia entre os 600 e os 900 €, o computador de bordo entre os 2 900 e os 3 700 €, o sistema de identificação automático entre 4 500 e os 5 600 € e o sistema de controlo ronda os 650 €. Para além disso, é necessário ter em conta o custo da instalação do sistema no veículo que está entre os 480 e os 600 € e que inclui o treino do operador (ARC, 2010).

Para além das modificações nos equipamentos de deposição e nos veículos de recolha, é necessário instalar um *software* que permita a gestão e o tratamento dos dados recebidos e que tem um custo entre os 7 100 € e os 8 300 € (ARC, 2010).

Assim, na Tabela 4.11 são apresentados os custos de investimento suplementares para o sistema PAYT, tendo sido assumido um tempo de vida útil de 10 anos para as

tecnologias implementadas. Não são apresentados os custos da aquisição dos contentores e dos veículos uma vez que se mantêm os valores apresentados na Tabela 4.9.

Tabela 4.11 – Custos suplementares de investimento do sistema PAYT associados às tecnologias

	Quantidades	Custo unitário (€)	Total (€)	Vida útil média (anos)	Custo anual (€)
Sistema RFID				10	
Modem	2	750	1 500		150
Computador de bordo	2	3 300	6 600		660
Sistema de identificação automático	2	5 050	10 100		1 010
Sistema de controlo	2	650	1 300		130
Instalação no veículo	2	540	1 080		108
Wastelock	60	2 175	130 500		13 050
Smart-key	60	4,5	270	27	
Software	1	7 700	7 700	770	
Total			159 050		15 905

4.8.1.2. Custos de exploração

Para os custos de exploração é necessário ter em conta a deposição e recolha (pessoal e viaturas), custos gerais e sensibilização.

No que se refere aos parâmetros da deposição e recolha e custos gerais considera-se que não há alteração relativamente ao que já foi apresentado no ponto 4.6.2 dado que, a implementação do sistema PAYT não interfere com os custos já calculados.

No caso do parâmetro da sensibilização, os custos totais encontrados estão na ordem dos 9 000 €, repartidos de forma idêntica durante três anos (ARC, 2010).

4.8.2. Elaboração de um novo sistema tarifário

A elaboração de um novo sistema tarifário foi feita tendo em conta as recomendações da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).

Segundo a Recomendação ERSAR nº02/2010, que completa a Recomendação IRAR nº1/2009 e o artigo 18º da Deliberação nº298/2014, o sistema tarifário deve ser do tipo multicomponentes para os serviços de resíduos prestados a utilizadores finais, ou seja, os tarifários devem ser constituídos por uma tarifa de disponibilidade (componente fixa), aplicada em função do intervalo de tempo da faturação, e uma tarifa variável, aplicada em função do nível de utilização do serviço durante esse período. Desta forma, a tarifa de resíduos elaborada corresponde à soma da tarifa fixa com a tarifa variável.

A ERSAR recomenda ainda que a tarifa fixa assuma um valor compreendido entre 1,00 € e 4,00 €.

De acordo com o artigo 16º da Deliberação nº928/2014, é aplicável, em cada sistema, uma tarifa única pela prestação do serviço de gestão de resíduos, ou seja, no Município do Porto a tarifa aplicada terá de ser apenas uma.

Em seguida será calculada uma tarifa para a zona piloto no entanto, esta deve ser vista apenas como um exemplo de cálculo, dado que não será aplicável na prática por não abranger todo o sistema.

De modo a avaliar qual o impacto de cada componente da recolha (seletiva e indiferenciada) no valor da tarifa, o cálculo desta foi realizado de duas formas, uma considerando os custos da recolha seletiva e da recolha indiferenciada – Cenário A, e outra considerando apenas os custos da recolha indiferenciada – Cenário B.

4.8.2.1. Estimativa da tarifa - Cenário A

Neste cenário, para o cálculo da tarifa, mais concretamente da tarifa fixa, consideram-se os custos correspondentes a ambas as componentes da recolha, ou seja, os custos associados à recolha indiferenciada e à recolha seletiva.

Para o cálculo da tarifa fixa, foram tidos em consideração os custos de investimento (C_i) e de exploração (C_e) e o número de habitações:

$$\text{Tarifa fixa} = \frac{C_i + C_e}{n^\circ \text{ habitações}} \quad (1)$$

É de referir que, dos custos de investimento no caso do projeto piloto fazem parte a aquisição de contentores e viaturas, e estes serão obtidos através de fundos comunitários, dado se tratar de um projeto no âmbito do PAPERSU. No cálculo da tarifa fixa serão tidos em conta dois cenários, um em que não é considerado o financiamento e outro onde será contabilizado, de forma a ser possível fazer uma estimativa próxima da realidade para uma situação não financiada por fundos comunitários.

Na tabela seguinte são apresentados os custos associados à componente fixa da tarifa para o cenário A.

Tabela 4.12 – Custos associados à componente fixa da tarifa com e sem financiamento para o cenário A

	Sem financiamento	Com financiamento
Tecnologias PAYT (€)	15 905	15 905
Custo de Investimento (€)	41 800	-
Custos de Exploração (€)	86 788	86 788
Total (€)	144 493	102 693
Nº de habitações	874	874
Total por habitação (€)	165	117

Considerando que não há financiamento, a tarifa fixa, correspondente ao custo total mensal por habitação, é de 13,78 €/mês. Com financiamento, a componente fixa é de 9,75 €/mês.

Relativamente à tarifa variável, esta inclui os custos associados ao tratamento/destino final dos resíduos indiferenciados. Como no Município do Porto os resíduos indiferenciados vão para valorização energética, tem de se ter em conta a respetiva TGR. Desta forma, a tarifa é obtida através da seguinte equação.

$$\text{Tarifa variável} = \text{Taxa de valorização energética} \times \text{Produção de resíduos} \quad (2)$$

A taxa de valorização energética é calculada tendo em conta a equação 3.

$$\begin{aligned} &\text{Taxa de valorização energética} = \\ &= (\text{Tarifa de exploração} + \text{Taxa de transferência capital} + \text{TGR}) \times \text{IVA} \quad (3) \end{aligned}$$

A tarifa de exploração e a taxa de transferência de capital são pagas à LIPOR e os valores apresentados foram fornecidos pela Câmara do Porto. A TGR corresponde à Taxa de Gestão de Resíduos, sendo que os valores estão disponíveis no *site* da APA (Agência Portuguesa do Ambiente). O iva é de 6%.

Assim, a taxa de valorização energética é igual a:

$$\text{Taxa de valorização energética} = (39,87 + 16,67 + (0,25 \times 7,7)) \times 1,06 = 62 \text{ €/t}$$

A produção de resíduos indiferenciados é obtida tendo em conta o nº de recolhas por mês e a quantidade de resíduos recolhidos por fogo residencial. Os valores utilizados são os apresentados na Tabela 4.6.

$$\text{Produção de resíduos} = 2x/\text{semana} \times 4 \text{ semanas} \times 11,4 \text{ kg/fogo residencial}$$

$$\Leftrightarrow \text{Produção de resíduos} = 91 \text{ kg/mês}$$

Desta forma, e através da equação 2, obtém-se a tarifa variável em €/mês:

$$\text{Tarifa variável} = 0,062 \text{ €/kg} \times 91 \text{ kg/mês} = 5,65 \text{ €/mês}$$

A tarifa total a pagar sem financiamento será de $13,78 + 5,65 = 19,43$ €/mês. Considerando que há financiamento, a tarifa total será de 15,40 €/mês.

4.8.2.2. Estimativa da tarifa – Cenário B

Neste cenário, o cálculo da componente fixa da tarifa entra em linha de conta apenas com a recolha indiferenciada, desconsiderando os custos associados à recolha seletiva.

Assim, considerando apenas a fração indiferenciada dos resíduos, no caso dos equipamentos de deposição e no sistema de recolha projetado serão necessários cerca de 25 contentores coletivos de 240, 360 e 800 L de capacidade e 1 060 contentores individuais de 60 L de capacidade. Como já foi referido, o custo unitário dos contentores já inclui a colocação do chip RFID, sendo necessária a instalação do wastelock e a aquisição de *smart-key* para os contentores coletivos.

Na Tabela III.1 do Anexo III são apresentados os custos dos equipamentos de deposição e das tecnologias PAYT para a recolha indiferenciada.

De modo a determinar qual a fração dos custos referentes aos veículos de recolha que está associada à recolha indiferenciada, determinou-se qual a representatividade desta componente no total da operação de recolha. Esta análise foi realizada com base no tempo de operação associado à recolha das várias frações de resíduos. O tempo despendido na recolha, transporte e descarga dos resíduos é apresentado no Anexo II, sendo o tempo total de 1596 h/ano e o tempo para os resíduos indiferenciados de 672 h/ano, ou seja, 42% do tempo total. Assim, considerou-se que 42% dos custos relacionados com as viaturas estão afetos à recolha indiferenciada.

Os custos relacionados com as viaturas referem-se ao custo de aquisição (24 380 €) e da tecnologia RFID que será instalada (2 058 €). Desta forma, através da afetação determinada, o custo anual dos veículos correspondente à recolha indiferenciada será de 11 104 €.

Se houver financiamento para a aquisição das viaturas de recolha e dos equipamentos de deposição, apenas será tido em conta o custo das tecnologias e o custo do *software*. No caso das viaturas de recolha, o custo da tecnologia RFID, atendendo à afetação mencionada anteriormente, será de 864 €.

Os custos de investimento da recolha indiferenciada correspondem a custo dos equipamentos de deposição, das viaturas de recolha e do *software*.

Relativamente aos custos de exploração, também os custos de deposição e recolha (pessoal e viaturas) são calculados através da afetação estimada e tendo em conta o custo anual total (79 660 €). Deste modo, o custo anual de deposição e recolha dos resíduos indiferenciados será de 33 457 €.

No ponto 4.6.2, foi referido que os custos gerais têm um peso de 2% sobre os custos de deposição e recolha, o parâmetro de sensibilização para a zona em estudo tem um custo anual de 3 000 € e o custo de enquadramento tem um peso de 3% sobre o total dos custos já mencionados.

Nas Tabelas III.2, III.3 e III.4 do Anexo III são apresentados os custos detalhados do investimento, sem e com financiamento, e de exploração do cenário B, respetivamente.

Na Tabela 4.13 são apresentados os custos de investimento e exploração associados à componente fixa da tarifa para o cenário B.

Tabela 4.13 – Custos associados à componente fixa da tarifa com e sem financiamento para o cenário B

	Sem financiamento	Com financiamento
Custo de Investimento (€)	22 766	7 083
Custos de Exploração (€)	38 240	38 240
Total (€)	61 006	45 323
Nº de habitações	874	874
Total por habitação (€)	69,8	51,9

Considerando que não há financiamento, a tarifa fixa, correspondente ao custo total mensal por habitação, é de 5,82 €/mês. Com financiamento, é de 4,32 €/mês.

A tarifa variável não sofre alterações, portanto o valor continua a ser de 5,65 €/mês.

Deste modo, para o caso em que apenas são considerados os custos da recolha indiferenciada e não há financiamento, de forma a cobrir todos os custos desse serviço, a tarifa total a pagar é de 11,47 €/mês. Se houver financiamento, a tarifa total a pagar é de 9,97 €/mês.

4.8.2.3. Análise global

Os valores obtidos para a tarifa consideram a cobertura total dos custos com o sistema de gestão de resíduos. No entanto, prevê-se que para 2016, a cobertura dos custos do sistema tenha sido de 63%³ pelo que se considera que o valor atual do encargo mensal da gestão de resíduos corresponda a essa cobertura.

Na Tabela 4.14 é apresentado um resumo dos valores da tarifa, tendo em conta os dois cenários e considerando uma cobertura dos custos com o sistema de gestão de resíduos de 100% e outra de 63%.

Tabela 4.14 – Valores da tarifa para os dois cenários

	Cenário A		Cenário B	
	Com financiamento	Sem financiamento	Com financiamento	Sem financiamento
Tarifa Fixa (€/mês)	9,75	13,78	4,32	5,82
Tarifa Variável (€/mês)	5,65			
Total (€/mês)	15,40	19,43	9,97	11,47
63% de cobertura de custos (€/mês)	9,70	12,24	6,28	7,23

Comparando os valores totais (Cenário A) com apenas os da recolha indiferenciada (Cenário B), constata-se que o maior peso recai sobre a componente de recolha indiferenciada (65%).

Como referido no ponto 3.4, atualmente o encargo médio anual por família com a gestão de resíduos é de 64,88 €, o que equivale a 5,41 €/mês. Se a tarifa cobrada cobrisse os custos totais, o seu valor seria de 8,59 €/mês.

Comparando a tarifa aplicada atualmente para a gestão de resíduos com as tarifas apresentadas na tabela anterior, verifica-se que as últimas são sempre superiores, independentemente da percentagem de cobertura de custos, mesmo considerando apenas a recolha indiferenciada (Cenário B).

Por forma a tentar avaliar de que forma se poderia reduzir custos com a implementação do sistema fez-se uma análise adicional.

Tendo em conta a informação teórica apresentada no ponto 2.6.6, poderá eventualmente estimar-se o impacto de reduzir 30% na produção de resíduos

³ Este valor ainda carece de aprovação por parte da ERSAR.

indiferenciados com a introdução do PAYT, tal permitiria uma alteração da componente variável da tarifa. A componente variável passaria, assim, a ser de 3,96 €/mês.

Na Tabela 4.15 é apresentado o valor da tarifa tendo em conta a redução de 30% de resíduos indiferenciados com a implementação do sistema PAYT.

Tabela 4.15 – Valor da tarifa com a implementação do sistema PAYT para os dois cenários

	Cenário A		Cenário B	
	Com financiamento	Sem financiamento	Com financiamento	Sem financiamento
Tarifa Fixa (€/mês)	9,75	13,78	4,32	5,82
Tarifa Variável (€/mês)	3,96			
Total (€/mês)	13,71	17,74	8,28	9,78
63% de cobertura de custos (€/mês)	8,63	11,17	5,21	6,16

Através da tabela anterior, é possível verificar que a tarifa com financiamento (Cenário A) ainda é cerca de 60% superior à atual.

A tarifa atual tem por base o sistema de gestão de resíduos que está assente na recolha coletiva (soluções de proximidade) pelo que é esperado que a adoção de sistemas de recolha porta-a-porta traga a si aliado um custo mais elevado.

Verifica-se que mesmo com uma redução expressiva de resíduos indiferenciados, do ponto de vista económico a solução acarreta custos mais significativos para o utilizador do que a atual.

Realça-se que a componente da tarifa fixa tem um peso muito significativo pelo que será de estudar mais detalhadamente de que forma se podem reduzir estes custos, em particular tendo em conta o tempo de vida associado aos diferentes elementos físicos do sistema.

5. Aspectos Adicionais Relevantes na Implementação do Sistema PAYT

Na implementação de um sistema PAYT é necessário ter em conta alguns aspetos que permitem que esta seja bem-sucedida. A aceitação por parte da população é um dos aspetos fundamentais, havendo, por isso, a necessidade de existirem várias etapas antes da implementação definitiva do sistema PAYT.

A introdução de programas complementares é, também, um aspeto importante que contribui, juntamente com o sistema PAYT, para uma redução significativa da quantidade de resíduos produzidos.

5.1. Etapas da Implementação do Sistema PAYT

O processo de implementação de um sistema PAYT deve basear-se em completar várias etapas de participação, comunicação, monitorização e controlo.

5.1.1. Participação

Um aspeto fundamental a considerar na implementação de um sistema PAYT é a aceitação por parte da população. Uma fase de participação tem o objetivo de perceber as necessidades dos residentes, de forma a ser mais fácil a projeção de um sistema tarifário aceitável para os utilizadores (ARC, 2010).

As atividades comuns são fóruns de participação, que são realizados para promover a discussão e reflexão sobre o novo sistema que será implementado. Vários grupos-chave da cidade devem ser incentivados a desempenhar um papel ativo nesses fóruns, tais como os líderes políticos, técnicos e associações municipais assim como os estabelecimentos e atividades comerciais da cidade e os moradores, que são alvo de esforços nas áreas de educação e recreação (ARC, 2010).

5.1.2. Comunicação

A etapa de comunicação é essencial para transmitir informações sobre o funcionamento do novo sistema tarifário de resíduos. Desta forma, é necessário ter em conta alguns aspetos e mensagens importantes para a campanha de comunicação, nomeadamente, informações sobre o serviço de recolha que será implementado e os custos associados; o sistema tarifário adotado e os tipos de serviço incluídos; as formas de adquirir contentores, sacos, cartões de identificação, entre outros e as sanções previstas no caso de incumprimento (ARC, 2010).

5.1.3. Fase de teste

Uma fase de teste não é essencial, mas é aconselhável, pelo menos, até a população se acostumar com o sistema PAYT. O objetivo é ajudar a preparar a população para a mudança de hábitos exigida pelo novo sistema tarifário. Esta etapa consiste, principalmente, em distribuir e começar a usar o contentor padrão, mas sem encargos, por um certo período de tempo antes do novo sistema tarifário ser totalmente implementado (ARC, 2010).

A duração recomendada desta fase é de 2-3 meses para que a população se acostume com o sistema, sem haver a necessidade de realizar outra campanha de comunicação (ARC, 2010).

5.1.4. Monitorização e controlo

Com o sistema PAYT totalmente implementado, é importante manter o nível de participação através da monitorização do desempenho da população, da resolução de problemas que não estavam previstos e da divulgação dos resultados (ARC, 2010).

Nas primeiras semanas de operação do sistema devem ser monitorizados diariamente todos os problemas decorrentes da recolha de resíduos, como a deposição incorreta. Este processo deve consistir na monitorização da recolha feita pelos veículos de recolha, reunir e lidar com reclamações dos utilizadores e analisar os dados, tais como, contentores recolhidos, as unidades corretas e incorretas, o peso das diferentes frações, entre outros (ARC, 2010).

Os residentes devem ser informados periodicamente sobre os resultados alcançados com o novo sistema. A divulgação dos resultados deve enfatizar os benefícios da implementação do novo sistema, incluindo a redução dos resíduos e o aumento da reciclagem. O acompanhamento da deposição ilegal de resíduos também deve ser divulgado. Para além disso, é importante destacar ideias e/ou métodos para reduzir a quantidade de resíduos produzidos (ARC, 2010).

Em geral, o período de monitorização decorre durante 4 meses a partir do momento da implementação, diminuindo de intensidade progressivamente (ARC, 2010).

5.1.5. Cronograma de implementação

Com as várias etapas de implementação descritas, é possível elaborar um cronograma que ajude na implementação do sistema PAYT. O cronograma proposto prevê a fase de implementação no início do ano fiscal (janeiro), que é o mais comum e recomendado (ARC, 2010).

Na Tabela 5.1 é apresentado o cronograma das diferentes etapas de implementação do sistema PAYT.

Tabela 5.1 – Cronograma das etapas de implementação do sistema PAYT (ARC, 2010)

Etapas	mar.	abr.	maio	jun.	jul.	ago.	set.	out.	nov.	dez.	jan.	fev.	mar.	abr.
Participação	x	x	x	x										
Aspetos logísticos														
Compra de contentores					x	x	x							
Instalação do <i>software</i>			x	x	x	x	x	x	x	x				
Campanhas de comunicação									x	x				
Fase de teste								x	x	x				
Implementação do sistema											x	x		
Monitorização e controlo											x	x	x	x

No entanto, devem ser tidos em conta alguns aspetos nas etapas propostas, nomeadamente:

- Na etapa de participação, os aspetos técnicos podem ser modificados. Deste modo, esta etapa deve ser realizada com antecedência suficiente para poder introduzir as alterações necessárias.
- Se possível, a maioria dos aspetos logísticos devem ser resolvidos antes de se iniciar campanha de comunicação.
- A campanha de comunicação deve ser iniciada um ou dois meses antes da implementação do sistema e deve ser finalizada assim que esta começar. No entanto, não deve começar muito mais cedo, caso contrário, o seu impacto será menor.
- Uma fase de teste pode ajudar o desenvolvimento de aspetos logísticos e o progresso da campanha de comunicação. No entanto, também pode interferir no progresso da etapa de participação.
- O início da implementação do sistema deve coincidir com o início do ano (janeiro) para fins fiscais. No entanto, isso nem sempre acontece.

- A etapa de monitorização e controlo deve ter início quando se iniciar a implementação do sistema PAYT.

5.2. Programas Complementares

Os programas complementares ajudam a melhorar o sistema PAYT e incentivam os residentes a reduzir a quantidade de resíduos produzidos, sendo os mais comuns a reciclagem e a compostagem caseira ou comunitária. Em muitos casos, estes programas são os principais contribuintes para o sucesso de um sistema PAYT.

A junção da reciclagem multimaterial e orgânica ao sistema PAYT fornece aos residentes uma maneira ambientalmente responsável de gerir os seus resíduos.

Na Tabela 5.2 são apresentados alguns dos projetos propostos pela LIPOR para prevenir a produção de resíduos.

Tabela 5.2 – Projetos propostos para prevenir a produção de resíduos (adaptado de LIPOR, 2017)

Medida	Ação	Projeto/Iniciativa
Resíduos Orgânicos	Compostagem caseira e comunitária	“Terra a Terra”
	Boas Práticas de Gestão e manutenção dos Espaços Verdes	“Horta à Porta” “Jardim ao Natural”
	Redução do Desperdício Alimentar	“Plano Contra o Desperdício Alimentar 2017-2020”
Reutilização e Recuperação de Produtos	Promoção do compromisso para a Reutilização e preparação para a Reutilização de produtos	-Manifesto para a Reutilização
Comunicação/ Sensibilização	Ações de sensibilização com o objetivo de induzir hábitos que conduzam à Prevenção na produção de resíduos e privilegiem o consumo sustentável	-EDUCA - Projeto Lipor geração+ -Lipor TV "O Rumo do Consumo"
	Campanhas de comunicação e sensibilização com o objetivo de induzir hábitos que conduzam à Prevenção na Produção de Resíduos	-Comunicação e Sensibilização para a Prevenção
	Promoção da Semana Europeia da Prevenção na Produção de Resíduos (EWWR)	-8ª Semana Europeia da Prevenção de Resíduos
Formação para a Prevenção	Realização de Ações de Formação com o objetivo de capacitar os diferentes públicos para a aplicação de boas práticas de prevenção e reutilização de resíduos	-Academia Lipor (Formação Bio e Prevenção) -Programa de Formação para a EWWR

6. Conclusões

A presente dissertação teve como principal objetivo a realização de um projeto de implementação do sistema PAYT no Município do Porto, mais concretamente na zona de Serralves, na qual está a ser realizado um estudo de implementação de recolha porta-a-porta residencial.

A zona em estudo tem uma área total de 1,6 km² e uma população de 2 281 habitantes, o que corresponde a 1% da população do concelho do Porto. A zona é constituída, maioritariamente, por edifícios de baixo porte, com 1 ou 2 pisos, sendo que 65% dos edifícios possui 1 ou 2 pisos e 97% tem 1 ou 2 fogos. Para além disso, foram identificados 877 edifícios, estando 3 em ruína. Excluindo os três edifícios em ruína, foram contabilizados 997 fogos, dos quais 23 são não residenciais.

Em termos de equipamentos de deposição, os estudos realizados preveem a alocação a cada fogo de 4 contentores empilháveis, sendo 3 de 40 L de capacidade para os três fluxos da recolha seletiva e 1 para a fração indiferenciada, de 60 L de capacidade e cada edifício com mais de 3 fogos terá, adicionalmente, contentores coletivos, para cada fração, sendo a capacidade em função do número de fogos existentes. Aos fogos não residenciais também são atribuídos 4 contentores, um para cada fração, tal como nos fogos residenciais. O total de meios de deposição a adquirir é de 4300 contentores, dos quais 3180 são de 40 L de capacidade, 1060 de 60 L, 30 de 140 L e 10 de cada 240, 360 e 800 L

O sistema PAYT a aplicar varia consoante a identificação e as tipologias das habitações. No caso da identificação do contentor, habitações uni/bifamiliares, o mais indicado é o sistema ser com base na quantidade de resíduos, em massa, ou seja, o sistema de pesagem. Para a identificação do utilizador, caso das habitações multifamiliares, o mais adequado será o sistema ser com base no volume. Nas habitações uni/bifamiliares, o mais indicado será a utilização dos contentores individuais com a incorporação da etiqueta RFID (etiqueta passiva que opera na banda de frequência ultra-alta), sendo os contentores lidos no momento da recolha, através da tecnologia RFID instalada nos veículos de recolha. No caso das habitações multifamiliares, os contentores a utilizar serão coletivos. Desta forma, o mais indicado será a incorporação de um tambor de identificação nos contentores, sendo o acesso realizado através de um cartão de identificação pessoal ou *smart-key*.

Este tipo de sistema implica o investimento em novas tecnologias sendo, por isso, necessária a reestruturação do serviço de gestão de resíduos atual, ao nível dos custos de

investimento e exploração. Isto leva ao desenvolvimento de um novo sistema tarifário, de modo a que o serviço de gestão de resíduos seja economicamente sustentável.

O sistema tarifário foi desenvolvido segundo as recomendações da ERSAR sendo, por isso, do tipo multicomponente, com uma componente fixa e uma componente variável. A componente fixa é obtida através dos custos de investimento e de deposição e recolha associados ao sistema e a componente variável inclui os custos associados ao tratamento/destino final dos resíduos indiferenciados.

A tarifa foi calculada de duas formas, de modo a avaliar qual o impacto de cada componente da recolha (seletiva e indiferenciada) no valor desta. No cenário A considerou-se os custos da recolha seletiva e da recolha indiferenciada e no cenário B foram apenas considerados os custos da recolha indiferenciada. Foi possível concluir que, a componente de recolha indiferenciada é a que tem maior impacto na tarifa, cerca de 65%.

Para o cenário A, e considerando que há financiamento, o valor da tarifa é de 15,40 €/mês. Sem financiamento, o valor é de 19,43 €/mês. Para o cenário B, com financiamento a tarifa é de 9,97 €/mês e sem financiamento é de 11,47 €/mês. Estes valores são cobrados se a cobertura dos custos for de 100%. Na situação atual, a cobertura dos custos é de 63% e o valor pago é de 5,41 €/mês. Se a cobertura fosse de 100%, o valor atual a pagar seria cerca de 8,59 €/mês. Contudo, a tarifa paga atualmente é mais baixa do que a calculada, independentemente da percentagem de cobertura dos custos e do cenário considerado.

Com a implementação do PAYT foi estimada, com base na literatura, uma redução de 30% da produção de resíduos indiferenciados, de forma a alterar a componente variável da tarifa. Para o cenário A, com e sem financiamento, a tarifa passava a ser de 13,71 €/mês e 17,74 €/mês, respetivamente. No cenário B, a tarifa seria de 8,28 €/mês e 9,78 €/mês, com e sem financiamento, respetivamente.

No entanto, mesmo com a implementação do sistema PAYT, a tarifa a aplicar continua a ser superior à atual. Uma das razões que torna estes valores mais elevados está relacionada com os elevados custos da componente fixa que o sistema implica, em relação ao sistema atual. De forma a tentar diminuir estes custos, esta componente deverá ser estudada com mais detalhe, tendo particular atenção o tempo de vida útil estimado para os equipamentos de deposição e viaturas de recolha.

A implementação do sistema PAYT tem o intuito de reduzir a quantidade de resíduos indiferenciados produzidos e que são enviados para aterro, e aumentar a quantidade de

resíduos que são valorizados e, em particular, reciclados. Para que o sistema seja bem-sucedido, as campanhas de sensibilização e informação da população são fundamentais. A existência de programas complementares, como a compostagem caseira, também pode ajudar no sucesso dos sistemas PAYT.

Os sistemas PAYT têm custos de implementação relativamente elevados no entanto, se houver um aumento bastante significativo da separação de recicláveis, este tipo de sistema de gestão de resíduos pode tornar-se economicamente vantajoso.

7. Propostas de Trabalhos Futuros

Sendo o sistema PAYT uma estratégia de redução da produção de resíduos e aumento da reciclagem ainda recente em Portugal, torna-se necessário o desenvolvimento de mais estudos de forma a perspetivar a implementação deste em território nacional.

Após a realização dos estudos piloto, os pressupostos devem ser validados e realizado o alargamento da área de afetação, tendo em consideração as características específicas das diferentes regiões.

Considera-se de elevada relevância a realização de estudos económicos mais detalhados, em particular considerando a recolha porta-a-porta, coletiva e cenários das implicações da aplicação do PAYT, tendo em conta custos e taxas de amortização alternativos.

Referências Bibliográficas

- Abdoli, S. (2009). RFID Application in Municipal Solid Waste Management System. *International Journal of Environmental Research*, 3(3), 447-454.
- Abrashkin, J. (2015). *Volume-Based Waste Fee (VBWF): Effect on Recycling and Applicability to New York City*. Nova Iorque: Columbia University.
- AMP. (2017). *Caracterização da AMP*. Obtido em 30 de abril de 2017, de Portal da Área Metropolitana do Porto: http://portal.amp.pt/pt/4/municipios/porto/#FOCO_4
- ARC, A. d. (2010). Guide for the Implementation of Pay-As-You-Throw Systems for Municipal Waste. Catalunya: ENT Environment and Management and Agència de Residus de Catalunya.
- Batllell, M., & Hanf, K. (2008). The fairness of PAYT systems: Some guidelines for decision-makers. *Waste Management* 28, 2793–2800.
- Câmara Municipal do Porto. (2017). *Freguesias Porto*. Obtido em 27 de Abril de 2017, de Câmara Municipal do Porto: http://www.cm-porto.pt/cidade/freguesias_4
- CMP. (2015a). *PAPERSU do Município do Porto*. Câmara Municipal do Porto.
- CMP. (2015b). *Documento fornecido pela Câmara Municipal do Porto: Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes*. Câmara Municipal do Porto.
- CMP. (2015c). *Documento fornecido pela Câmara Municipal do Porto: Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes*. Câmara Municipal do Porto.
- CMP. (2016). *Documento fornecido pela Câmara Municipal do Porto: Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transporte*. Câmara Municipal do Porto.
- CMP. (2017a). *Dados cedidos pela Câmara Municipal do Porto*. Obtido de Câmara Municipal do Porto.
- CMP. (2017b). *Código Regulamentar do Município do Porto*. Câmara Municipal do Porto.
- CMP. (2017c). *Documento fornecido pala Câmara Municipal do Porto: Divisão Municipal de Limpeza Urbana e Transportes*. Câmara Municipal do Porto.

- Dahlén, L., & Lagerkvist, A. (2010). Pay as you throw: Strengths and weaknesses of weight-based billing in household waste collection systems in Sweden. *Waste Management* 30, 23–31.
- Deliberação nº928/2014. (15 de abril de 2014). *Diário da República*, 2ªsérie - nº74. Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia.
- EMZ-Hanauer. (2017). *Collective Bins*. Obtido em 28 de maio de 2017, de Waste Management, Application: <http://www.emz-hanauer.de/en/application/waste-management/collective-bins/>
- EPA. (1994). *Pay-As-You-Throw: Lessons Learned About Unit Pricing of Municipal Solid Waste*.
- EPA. (1999). *Rate Structure Design: Setting Rates for a Pay-As-You-Throw Program*.
- Google Earth. (2017). Obtido em 13 de julho de 2017, de <https://earth.google.com/web/@41.15824201,-8.65943338,60.372746a,4434.00863134d,35y,0h,0t,0r>
- HID. (2017). *Etiquetas RFID IN Tag*. Obtido em 18 de junho de 2017, de <https://www.hidglobal.com.br/products/rfid-tags/identification-technologies/in-tag>
- Hogg, D. (2006). *Financing and Incentive Schemes for Municipal Waste Management - Case Studies*. United Kingdom: European Commission.
- IT3. (2017). Obtido em 10 de abril de 2017, de <http://www.it3.pt/projectos>
- Lakhan, C. (2015). Stakeholder Perceptions of Unit Based Waste Disposal Schemes. *Resources* 4, 434-456.
- LIPOR. (11 de abril de 2017). *Plano anual de atividades no âmbito da prevenção de resíduos 2017*.
- LIPOR. (2017a). *Produção Porto*. Obtido de Observatório de Resíduos - Lipor: http://portal.lipor.pt:7777/pls/apex/f?p=2020:30:0:::30:P30_MUNICIPIO:POR:
- LIPOR. (2017b). *Metas Plano Estratégico*. Obtido de Observatório de Resíduos - Lipor: <http://portal.lipor.pt:7777/pls/apex/f?p=2020:70:0>

- Luken, K. (2005). *Analysis of Implementing a Pay-As-You-Throw Program - Township of Spring*. R. W. Beck.
- Maiambiente. (8 de Outubro de 2014). *Arranque do Projeto PAYT – parceria LIPOR/Maiambiente (in Local.pt)*. Obtido de <http://www.maiambiente.pt/NoticiaDisplay.aspx?ID=465>
- Miranda, M. L., Bauer, S. D., & Aldy, J. E. (1996). *Unit Pricing Programs for Residential Municipal Solid Waste: An Assessment of the Literature*. Washington, D.C.: Office of Policy, Planning and Evaluation, U.S. Environmental Protection Agency.
- Morlok, J., Schoenberger, H., Styles, D., Galvez-Martos, J.-L., & Zeschmar-Lahl, B. (2016). *The Impact of Pay-As-You-Throw Schemes in the Management of Municipal Solid Waste: The Case of the County of Aschaffenburg, Germany. Preprints*.
- OECD, O. f.-o. (2008). *RFID, Radio-Frequency Identification*. Directorate for Science, Technology and Industry. Committee for Information, Computer and Communications Policy.
- OET Norte. (s.d.). *Normas técnicas para os sistemas de deposição de resíduos sólidos urbanos em edificações no concelho do Porto*. Ordem dos Engenheiros Técnicos - Secção Regional Norte.
- Ovo Solutions. (2012). Obtido em 15 de maio de 2017, de <http://www.ovosolutions.com/47/cyclea.htm>
- Ovo Solutions. (2013). *Contentores Ecobox*. Obtido em 15 de maio de 2017, de <http://www.ovosolutions.com/files/592a8ea3347ae62be24e8cae5c2c77a2ac451eab.pdf>
- Pires, J. S. (2013). *Implementação do princípio do poluidor-pagador no setor dos resíduos*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR).
- Portal do Cidadão. (31 de Janeiro de 2017). *Câmara Municipal do Porto*. Obtido em 27 de Abril de 2017, de Portal do Cidadão: <https://www.portaldocidadao.pt/pt/web/camara-municipal-do-porto/camara-municipal-do-porto>

- Portaria nº187-A/2014. (17 de setembro de 2014). *Diário da República : I Série, N.º 179*.
Ministério do Ambiente, Ordenamento do Território e Energia.
- Puig-Ventosa, I. (2008). Charging systems and PAYT experiences for waste management in Spain. *Waste Management 28* , 2767–2771.
- Reichenbach, J. (2008). Status and prospects of pay-as-you-throw in Europe - A review of pilot research and implementation studies. *Waste Management 28*, 2809-2814.
- Resopre. (2017). *Sistemas de Identificação para Gestão de Resíduos*. Obtido em 28 de maio de 2017, de Sistemas Tecnologia:
http://resopre.pt/conteudo.php?fam=TECNOLOGIA,SISTEMAS_TECNOLOGIA&pag=AMBIENTE_RESOPRE.PT&detail=788
- Sakai, S., Ikematsu, T., Hirai, Y., & Yoshida, H. (2008). Unit-charging programs for municipal solid waste in Japan. *Waste Management 28*, 2815–2825.
- Santiago, A. (28 de Janeiro de 2015). *Sotkon está a testar sistema PAYT numa das 330 ilhas ecológicas de Portimão*. Obtido de Ambiente Online:
<http://www.ambienteonline.pt/canal/detalhe/portimao>
- Santos, P. (26 de novembro de 2009). A aplicação de tarifários progressivos. *Workshop: PAYT Pay-As-You-Throw*. Fórum da Maia.
- Schindler, R., Schmalbein, N., Steltenkamp, V., Cave, J., & Anhalt, B. W. (2012). *Smart Trash - Study on RFID tags and the recycling industry*. European Commission: RAND Corporation.
- Skumatz, L. A. (2002). *VARIABLE-RATE OR “PAY-AS-YOU-THROW” WASTE MANAGEMENT: ANSWERS TO FREQUENTLY ASKED QUESTIONS*. Los Angeles: Reason Foundation.
- Skumatz, L. A., & Freeman, D. J. (2006). *Pay As You Throw (PAYT) in the US: 2006 Update and Analyses*. Skumatz Economic Research Associates, Inc. (SERA).
- Skumatz, Lisa A.; D’Souza, Dana; BeMent, Dawn. (2015). *Pay-As-You-Throw / Variable Rates for Trash Collection: 2014 Update*. Region 9 Pay as You Throw Grant Report-Volume 1, Econservation Institute. Obtido em 17 de junho de 2017, de
http://www.paytnow.org/PAYT_EI_R9_v25_Vol1

- Sopinal. (2014). *Ecopontos Fibra de Vidro 2,5 m³ - Contentores superfície*.
- Sopinal. (2017). *Contentores polietileno*. Obtido em 15 de maio de 2017, de <http://www.sopinal.pt/contentores-polietileno.html>
- Sopsa. (2012). *lasso*. Obtido em 15 de maio de 2017, de <http://www.sopsa.pt/pt/node/253>
- TNL. (2012). Obtido em 15 de maio de 2017, de http://www.tnl.pt/Imgs/pages/page_8/catalogo-tnl-pt-09-mai-2012.pdf
- Watkins, Emma; Hogg, Dominic; Mitsios, Andreas; Mudgal, Shailendra; Neubauer, Alexander; Reisinger, Hubert; Troeltzsch, Jenny; Acoleyen, Mike Van. (2012). *Use of Economic Instruments and Waste Management Performances – Final Report*. Unit G.4 Sustainable Production and Consumption, European Commission (DG ENV).
- Wyld, D. (2010). Taking Out the Trash (and the Recyclables): RFID and the Handling of Municipal Solid Waste. *International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA)*, Vol. 1, nº1.

Anexos

Anexo I – Listagem dos arruamentos abrangidos na zona em estudo

Tabela I.1 – Arruamentos incluídos na zona em estudo

Avenida	Marechal Gomes da Costa	Rua	Fernão Vaz Dourado
Largo	Nevogilde	Rua	Fez
Largo	Tomé Pires	Rua	Francisco Barreto
Praça	Dom Afonso V	Rua	Gabriel Soares de Sousa
Praça	Império	Rua	Garcia da Orta
Praceta	Orfeão da Foz	Rua	Gil Eanes
Rua	Adriano Correia de Oliveira	Rua	Gonçalo Velho
Rua	Afonso Baldaia	Rua	João de Barros
Rua	Afonso de Albuquerque	Rua	João de Lisboa
Rua	Agra	Rua	João Rodrigues Cabrilho
Rua	Alfredo Ferreira Faria	Rua	José de Carvalho
Rua	Alfredo Keil	Rua	Nuno Álvares Pereira
Rua	André Álvares de Almeida	Rua	Padrão
Rua	António Galvão	Rua	Padre Fernão Cardim
Rua	Bartolomeu Velho	Rua	Padre José de Anchieta
Rua	Corte Real	Rua	Padre Luís de Almeida
Rua	Crasto	Rua	Pero Vaz de Caminha
Rua	Diogo do Couto	Rua	Pinho Leal
Rua	Diu	Rua	Professor Luís de Pina
Rua	Dom Francisco de Almeida	Rua	Professor Rodolfo de Abreu
Rua	Dom João de Castro	Rua	Ribeirinho
Rua	Dom Luís de Ataíde	Rua	Rui Faleiro
Rua	Doutor Cristóvão da Gama	Rua	Santa Joana Princesa
Rua	Doutor Nunes da Ponte	Rua	São Francisco Xavier
Rua	Doutor Sousa Rosa	Rua	Tomé de Sousa
Rua	Duarte Lopes	Rua	Tristão da Cunha
Rua	Duarte Pacheco Pereira	Rua	Viana de Lima
Rua	Fernão Lopes de Castanheda	Travessa	Passos
Rua	Fernão Mendes Pinto		

Anexo II – Características dos circuitos de recolha

Tabela II. 1 – Circuitos de recolha

Fluxo	Circuito	Quantidade recolhida/recolha (t)	Nº contentores pequenos/circuito	Nº contentores grandes/circuito				Nº de voltas	Distância percorrida (km)			Tempo despendido (h)			
				140L	240L	360L	800L		Em recolha	Em transporte	Total	Em recolha	Em transporte	Em descarga	Total
Papel/Cartão	PC1	1,0	898	8	2	-	-	1	24	33	57	4,7	0,6	0,2	5,5
Embalagens	E1	0,5	898	8	2	-	-	1	24	33	57	4,7	0,6	0,2	5,5
Vidro	V1	1,3	898	10	-	-	-	1	24	33	57	4,7	0,6	0,2	5,5
Indiferenciado	I1	6,0	898	-	2	6	2	1	16	26	42	3,3	0,6	0,2	4,1
Indiferenciado	I2	4,7	898	-	2	6	2	1	9	25	34	2,2	0,6	0,2	2,9

Tabela II. 1 – Circuitos de recolha (Continuação)

Fluxo	Nº recolha/ano	km/ano	t/ano
Papel/Cartão	52	2 964	53
Embalagens	104	5 928	53
Vidro	26	1 482	33
Indiferenciado	104	4 368	622
Indiferenciado	104	3 536	491
		18 300	1 252

Anexo III – Custos associados à estimativa da tarifa para o Cenário B

Tabela III.1 – Custos dos equipamentos de deposição da recolha indiferenciada para o cenário B

		Quantidades	Custo unitário (€)	Total	Vida útil (anos)	Custo anual (€)
Contentores (L)	60	1060	28	29 680	6	4 950
	240	5	100	500		83
	360	10	110	1 100		190
	800	10	130	1 300		220
Wastelock		25	2 175	54 375	10	5 438
Smart-key		25	4,5	113		11
Total				87 068		10 892

Tabela III. 2 – Custos de investimento da recolha indiferenciada sem financiamento para o cenário B

	Custo anual (€)
Equipamentos de deposição	10 892
Viaturas de recolha	11 104
<i>Software</i>	770
Total	22 766

Tabela III. 3 – Custos de investimento da recolha indiferenciada com financiamento para o cenário B

	Custo anual (€)
Equipamentos de deposição	5 449
Viaturas de recolha	864
<i>Software</i>	770
Total	7 083

Tabela III. 4 – Custos de exploração da recolha indiferenciada para o cenário B

	Custo anual (€)
Deposição e recolha	33 457
Custos gerais	669
Sensibilização	3 000
Enquadramento	1 114
Total	38 240