U.PORTO

FEUP FACULDADE DE ENGENHARIA UNIVERSIDADE DO PORTO

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2020/2021

ANÁLISE DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA PAYT NO MUNICÍPIO DO PORTO

Francisca Falcão Araújo Dias

Dissertação submetida para obtenção do grau de

MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE

Desenvolvida na
Empresa Municipal de Ambiente do Porto, E.M., S.A.

Porto. Porto Ambiente

Presidente do Júri: Maria Cristina da Costa Vila
(Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia de Minas da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Orientador académico: Joana Maia Moreira Dias

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

Coorientador académico: Manuel Fernando Ribeiro Pereira

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

Orientador na empresa: Joana Cristina Maravilhas Soares Campos

(Técnica Superior no Departamento de Planeamento, Investigação e Desenvolvimento da Porto Ambiente)

SETEMBRO DE 2021

MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2020/2021

✉ catc@fe.up.pt

Editado por

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ feup@fe.up.pt

http://www.fe.up.pt

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente - 2020/2021 - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2021*.

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respetivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão eletrónica fornecida pelo respetivo Autor.

A meus Pais e Irmão,

Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas não sou o que era antes.

Martin Luther King

Agradecimentos

Um sincero agradecimento à Professora Joana Maia Dias, minha orientadora académica, por toda a disponibilidade, ajuda, motivação e preocupação que sempre demonstrou para comigo e, sobretudo, por nunca ter desistido de mim.

Ao professor Fernando Pereira, coorientador académico, pelas sugestões e orientações dadas bem como, pelo apoio no decorrer da dissertação.

À Engenheira Joana Campos, da Porto Ambiente, minha orientadora da empresa, um especial agradecimento, que apesar da ocupação profissional e trabalho ativo na Porto Ambiente, sempre se mostrou disponível para mim. Agradeço por todo o tempo e pela forma como me ajudou e acompanhou, pela partilha de experiência e conhecimentos e, acima de tudo, por todo o apoio e ânimo dado ao longo deste tempo.

Não poderia deixar de agradecer à Engenheira Joana Campos e a todo o pessoal da Porto Ambiente por me terem recebido e acolhido da melhor forma possível na empresa. Ao Engenheiro Hélder Claro e ao Doutor Paulo Cruz, em particular, pela disponibilidade e esclarecimento de dúvidas.

A todos os meus amigos, em especial aos amigos que fiz ao longo do meu percurso académico, por todos os momentos fantásticos, experiências partilhadas e por serem um apoio fundamental.

Por fim e o mais importante agradecimento, à minha família, em especial aos meus pais, ao meu irmão e aos meus avós, por toda a confiança depositada, por todo o apoio, suporte e amor incondicional. Agradeço por sempre acreditarem em mim e sem eles não teria sido possível.

A todos que contribuíram de alguma forma na realização da dissertação, o meu muito obrigada!

A Professora Joana Maia Dias, orientadora desta dissertação, é membro integrado do LEPABE – Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente Biotecnologia e Energia, financiado por: Financiamento Base - UIDB/00511/2020 da Unidade de Investigação - Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente, Biotecnologia e Energia – LEPABE - financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC). O Professor Manuel Fernando R. Pereira, coorientador desta dissertação, é membro integrado do Laboratório Associado LSRE-LCM financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC): Financiamento Base UIDB/50020/2020.

FCT Fundação para a Ciência e a Tecnologia

REPÚBLICA PORTUGUESA

Resumo

O sistema tarifário Pay-As-You-Throw (PAYT) materializa uma estratégia de promoção e incentivo à diminuição da produção de resíduos e aumento da separação de resíduos recicláveis assumindo como base o princípio do poluidor-pagador e o da responsabilidade partilhada. Este sistema fomenta a economia circular e responsabiliza o utilizador pela quantidade de resíduos que desperdiça, dissociando a tarifa de resíduos do consumo da água.

A presente dissertação teve como objetivo a análise geral da implementação de um sistema PAYT no Município do Porto, com o propósito de compreender a sua viabilidade atual. Apresentam-se como resultado o sistema de gestão de resíduos vigente, a estrutura técnica e tecnológica necessária à implementação de um novo sistema tarifário e avaliam-se os custos de investimento incluindo a aquisição/adaptação de equipamentos e tecnologia, e os custos de exploração associados ao funcionamento do sistema de gestão de resíduos, tendo por base dados operacionais de 2020. Adicionalmente, elaborou-se um método de cálculo com vista a garantir a cobertura dos custos do sistema de gestão com a indexação da tarifa à produção de resíduos indiferenciados. Foram considerados dois cenários com o propósito de compreender a repercussão do custo de investimento na tarifa de resíduos: Cenário 1 - investimento suportado pela entidade gestora; Cenário 2 - financiamento total do investimento. A tarifa fixa para o Cenário 1 assumiu um valor de 2,82 €/30 dias para os utilizadores domésticos e de 24,20 €/30 dias para os utilizadores não domésticos. Por outro lado, no Cenário 2, a tarifa fixa assumiu um valor de 2,63 €/30 dias para os utilizadores domésticos e um valor de 22,57 €/30 dias para os utilizadores não domésticos, resultados que mostram a influência minoritária do investimento. Comparando com o atual tarifário do Município, verifica-se que a tarifa fixa no sistema PAYT é superior, com valores adicionais de 0,62 € e 0,81 € para o doméstico e cerca de 9,20 € e 10,92 € para o não doméstico. A tarifa variável assumiu um valor de 0,0088 €/L e a TGR de 0,0012 €/L. Globalmente, admitindo um utilizador que consome em média 10 m^3 de água por mês, atualmente pagaria de tarifa de resíduos 6,23 € no caso de um utilizador doméstico e 18,69 € no caso de um utilizador não doméstico. O mesmo utilizador no sistema PAYT proposto ao depositar 4 vezes/mês um saco de 90 L pagaria a tarifa de resíduos no Cenário 1 (cenário mais conservador) de 6,42 € e 27,80 €, para o utilizador doméstico e não doméstico, respetivamente.

Do ponto de vista técnico, o presente estudo apresenta um conjunto de soluções que poderão vir a ser implementadas para auxiliar a transição para um sistema tarifário PAYT. Do ponto de vista económico, considerando o conjunto diverso de pressupostos estabelecidos que influenciam significativamente os resultados (tais como a manutenção dos custos de exploração, o fator de "vazio" e o fator de ponderação para cada tipo de utilizador, entre outros), o estudo aponta para baixa viabilidade económica. O presente estudo poderá servir de base a desenvolvimentos futuros, contudo, há a necessidade de serem realizados estudos suplementares relativamente aos pressupostos considerados assim como a avaliação prática de soluções PAYT à escala piloto.

Palavras-chave: PAYT; Princípio do Poluidor-Pagador; Resíduos Urbanos; Sistema Tarifário de Resíduos; Sustentabilidade

Abstract

The Pay-As-You-Throw (PAYT) tariff system translates a strategy to promote and encourage the reduction of waste production and the increase of recyclable waste separation based on the polluter-payer principle and the shared responsibility. This system fosters the circular economy and makes the user responsible for the amount of waste that produced, decoupling the waste tariff from the water consumption.

This dissertation aimed at conducting a general analysis of the implementation of a PAYT system in the Municipality of Porto, in order to understand its current viability. As result, it presents the current waste management system, the technical and technological structure necessary for the implementation of a new tariff system and evaluates the total investment costs, including the acquisition/adaptation of equipment and technology, and the exploration costs associated with the operation of the waste management system, based on 2020 operational data.

Additionally, a calculation method was elaborated in order to guarantee the coverage of the costs of the management system with the indexation of the tariff to the production of unsorted waste. Two scenarios were considered with the purpose of understanding the repercussion of the investment cost in the waste tariff: Scenario 1 - investment supported by the managing entity; Scenario 2 - total financing of the investment. The fixed tariff for Scenario 1 assumed a value of 2,82 €/30 days for domestic users and 24,20 €/30 days for non-domestic users. On the other hand, at Scenario 2, the fixed tariff assumed a value of 2,63 €/30 days for domestic users and 22,57 €/30 days for non-domestic users, results that show the minor influence of the investment. Compared with the current tariff of the Municipality, the fixed tariff in the PAYT system is higher, with additional values of 0,62 € and 0,81 € for domestic and about 9,20 € and 10,92 € for non-domestic. The variable tariff assumed a value of 0,0088 €/L and the waste management tariff the value of 0,0012 €/L. Globally, assuming a user that consumes a monthly average of 10 m^3 of water, he would currently pay a waste tariff of 6,23 €, in the case of a domestic user, and of 18,69 € in the case of a non-domestic user. The same user in the proposed PAYT system, considering that he deposits 4 times/month a 90 L bag, the waste tariff would be in Scenario 1 (most conservative scenario) of 6,42 € and 27,80 €, in case of a domestic and a non-domestic user, respectively.

From a technical point of view, this study presents a set of solutions that may be implemented to help the transition to a PAYT tariff system. From an economic point of view, considering the diverse set of assumptions established, that significantly influence the results (such as the maintenance of operating costs, the load factor and the weighting factor for each type of user, among others), the study points out to low economic viability. This study may serve as a basis for future developments; however, there is a need for further studies regarding each of the assumptions considered as well as the practical evaluation of PAYT solutions at a pilot scale.

Keywords: PAYT; Polluter-Payer Principle; Municipal Waste; Waste Tariff System; Sustainability.

Índice

Resumo iii
Abstract v
Índice de Figuras ix
Índice de Tabelas x
Símbolos, Acrónimos e Abreviaturas xii
1. Introdução 1
1.1 Enquadramento 1
1.2 Âmbito e Objetivos 3
1.3 Descrição da Empresa 4
1.4 Organização da Dissertação 4
2. Estado da Arte 5
2.1 Enquadramento Legal 5
2.1.1 Regulação dos serviços de gestão de resíduos urbanos 9
2.2 Sistema tarifário PAYT 10
2.2.1 Principais Vantagens e Desvantagens do Sistema PAYT 11
2.2.2 As Diferentes Alternativas de Sistemas PAYT 13
2.2.3 Tarifário Atual e PAYT 17
2.2.4 Soluções Tecnológicas 19
2.3 Casos de Estudo 23
2.3.1 Internacional 23
2.3.2 Nacional 25
3 Caso de estudo no Município do Porto 28
3.1 Caracterização da área de estudo 28
3.1.1 Caracterização Demográfica e Socioeconómica 28
3.1.2 Caracterização Habitacional 31
3.2 Caracterização do sistema de gestão de resíduos do Município 32
3.2.1 Caracterização quantitativa e qualitativa da produção de Resíduos 32
3.2.2 Tipos de Sistemas de Deposição e Recolha 34
3.2.3 Sistema Tarifário de Resíduos Urbanos 37
3.2.4 Análise dos custos do sistema atual 37
3.3 Proposta de um Sistema PAYT para o Município do Porto 38
3.3.1 Soluções de adaptação do sistema atual ao PAYT 38
3.3.2 Dificuldades previstas e respetivas medidas de mitigação 40
3.4 Restruturação do sistema de gestão 41
3.4.1 Análise dos custos de implementação 41
3.4.2 Análise dos custos de exploração 46
3.4.3 Novo sistema tarifário 47
3.5 Análise e comparação crítica do sistema atual com o sistema PAYT proposto 56
3.6 Inquérito 60
3.6.1 Resultados do Inquérito 60
3.7 Análise Crítica e Propostas 63

4. Conclusões 68
5. Recomendações para trabalhos futuros 71

Referências 73

ANEXOS 77

Anexo A 78
Anexo B 85
Anexo C 88
Anexo D 95

Índice de Figuras

Figura 2.1: Hierarquia de gestão de resíduos de acordo o Decreto-Lei n.º 102-D/2020.. 6

Figura 2.2: Principais alternativas para aplicação do sistema PAYT..... 14

Figura 2.3: Exemplos de Chips RFID para instalação em contentores. 20

Figura 2.4: Exemplos de contentores com mecanismo de controlo de acesso. 21

Figura 2.5: Exemplos de métodos de identificação na utilização em sacos 21

Figura 2.6: Instrumentação de viaturas com sistema de leitura de chips RFID. 22

Figura 2.7: Instrumentação de viaturas com sistema de pesagem. 22

Figura 3.1: Composição física dos resíduos indiferenciados produzidos no Porto apurados para o ano de 2016. 33

Figura 3.2: Tarifa de RU atual vs Tarifa de RU proposta para o Cenário 1 (considerando que não há financiamento) vs Tarifa de RU proposta para o Cenário 2 (considerando que há financiamento). 59

Índice de Tabelas

Tabela 2.1: Fatores que influenciam/condicionam a escolha do sistema tarifário PAY 17

Tabela 2.2: Resumo das principais vantagens e desvantagens dos três tipos básicos de tarifa PAYT 19

Tabela 3.1: Dados demográficos relativos ao Município do Porto 30

Tabela 3.2: Dados socioeconómicos do Município do Porto 31

Tabela 3.3: Dados habitacionais estimados para 2019 segundo a tipologia dos alojamentos do Município do Porto..... 31

Tabela 3.4: Dados habitacionais do Município do Porto quanto à tipologia de edifícios e número de pisos estimados no ano de 2011 32

Tabela 3.5: Número de equipamentos coletivos de deposição por proximidade da fração seletiva multimaterial presente no Município, no ano de 2020..... 35

Tabela 3.6: Afetação do número de viaturas ao tipo de recolha, no ano de 2020..... 36

Tabela 3.7: Itens necessários para implementação de um sistema PAYT e respetivos custos de investimento tendo por base o inventário de equipamentos de deposição e sistemas de recolha da Porto Ambiente em 2020..... 44

Tabela 3.8: Dados auxiliares utilizados para o cálculo da tarifa fixa..... 49

Tabela 3.9: Resultados da simulação da tarifa de RU (€/30 dias) para os utilizadores domésticos da recolha PaP residencial com a implementação do sistema PAYT para o Cenário 1..... 52

Tabela 3.10: Resultados da simulação da tarifa de RU (€/30 dias) para os utilizadores com o método de deposição por proximidade, com a implementação do sistema PAYT para o Cenário 1..... 53

Tabela 3.11: Resultados da simulação da tarifa de RU (€/30 dias) para os utilizadores domésticos da recolha PaP residencial com a implementação do sistema PAYT para o Cenário 2..... 53

Tabela 3.12: Resultados da simulação da tarifa de RU (€/30 dias) para os utilizadores com o método de deposição por proximidade, com a implementação do sistema PAYT para o Cenário 2..... 54

Tabela 3.13: Valores estimados do consumo de água por munícipe e respetiva tarifa atual de resíduos, de acordo com a indexação ao consumo da água, mensal..... 56

Tabela 3.14: Análise entre o tarifário atual e o tarifário PAYT considerando o número de recolhas/deposições que os utilizadores poderiam fazer, de forma a não pagar mais

no novo sistema tarifário PAYT, o valor adicional que teriam de pagar por mais uma recolha/deposição ou o valor que pouparíam (se aplicável) , para o Cenário 1 (considerando o custo do investimento) 57

Tabela 3.15: Análise entre o tarifário atual e o tarifário PAYT considerando o número de recolhas/deposições que os utilizadores poderiam fazer, de forma a não pagar mais no novo sistema tarifário PAYT, o valor adicional que teriam de pagar por mais uma recolha/deposição ou o valor que pouparíam (se aplicável) , para o Cenário 2 (não considerando o custo do investimento) 57

Símbolos, Acrónimos e Abreviaturas

APCER – Associação Portuguesa de Certificação

DQR - Diretiva Quadro dos Resíduos

ERSAR – Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos

INE – Instituto Nacional de Estatística

OAU - Óleos Alimentares Usados

PaP – Porta-a-Porta

PAPERSU – Plano de Ação do Plano Estratégico de Resíduos de Sólidos Urbanos

PAYT – *Pay-As-You-Throw*

PERSU I – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos I

PERSU II – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos II

PERSU 2020 – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2020

PERSU 2020+ – Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2020+

PERSU 2030 - Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2030

PNGR - Plano Nacional de Gestão de Resíduos

PNGR 2030 - Plano Nacional de Gestão de Resíduos 2021-2030

PO SEUR - Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso dos Recursos.

RFID – Radio Frequency IDentification

RGPD - Regulamento Geral de Proteção de Dados

RSU – Resíduos Sólidos Urbanos

RU – Resíduos Urbanos

UE – União Europeia

1. Introdução

1.1 Enquadramento

O crescimento económico e a forma como as sociedades utilizam os recursos naturais para satisfazer as suas necessidades têm vindo a mostrar-se cada vez mais insustentáveis. Esta necessidade de recursos naturais por parte das diferentes economias mundiais tem levado, em particular, a um aumento da produção de resíduos urbanos (RU), bem como a um problema de escassez de matérias primas [1,2].

Aliado ao aumento da produção de resíduos, os municípios têm vindo a enfrentar problemas para manter a gestão de resíduos urbanos em equilíbrio financeiro devido à crescente complexidade e custos de operação dos sistemas. O crescimento populacional, a concentração populacional nos grandes centros urbanos, o desenvolvimento das atividades turísticas e o crescimento económico resultam assim num desafio para os diferentes países e as suas cidades [3].

Por estes motivos, os países têm que desenvolver estratégias adequadas para resolver os problemas ambientais e, mais globalmente, de sustentabilidade. Assim, torna-se imperativo utilizar os recursos de uma forma mais eficiente, reduzir ao máximo o desperdício, alterar a forma de consumo e modificar a gestão de resíduos contribuindo para uma economia circular. Pretende-se assim a mudança do paradigma atual da economia linear, assente na extração, produção, consumo e descarte para uma economia circular, restaurativa e regenerativa que prevê a preservação do valor e utilidade dos recursos ao longo do tempo que implica, entre outros aspetos, a redução da produção de resíduos e a reincorporação de materiais que outrora eram resíduos nos processos produtivos e na produção de novos produtos e matérias primas, fechando o ciclo [2,4,5].

Neste sentido, o novo Plano de Ação para a Economia de Circular de 11 de março de 2020, para uma Europa mais limpa e competitiva, estabelece um plano para a construção do sucesso das metas propostas neste âmbito e a Diretiva 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho que altera a Diretiva Quadro dos Resíduos (Diretiva 2008/98/CE) estabelece o quadro legal para o tratamento dos resíduos na União Europeia e estipula metas ambiciosas para reciclagem até 2025, onde devem ser reciclados, no mínimo, 55 %, em peso, dos resíduos urbanos sendo que esta percentagem aumentará para 60 % até 2030 e para 65 % até 2035 [6]. Estes

documentos legais de caráter europeu enunciam incentivos aos Estados-Membros no sentido de se pôr em prática instrumentos económicos que promovam a aplicação da hierarquia dos resíduos, como taxas de deposição em aterros e de incineração ou através de sistemas de pagamento em função da produção de resíduos, nomeadamente através do sistema tarifário Pay-As-You-Throw (PAYT). Além disso e uma vez que na maioria dos cenários nacionais os custos de gestão dos resíduos são suportados por sistemas tarifários que não refletem de forma direta o serviço prestado (ex. pagamento associado à fatura da água), nem garantem a recuperação total dos custos, torna-se fundamental implementar sistemas tarifários alternativos, mas que se revelem justos e equilibrados, como é o caso dos sistemas PAYT [6-8].

Os sistemas PAYT pretendem incentivar os cidadãos a reduzir a produção de resíduos e a aumentar a quantidade de resíduos separados na origem para reciclagem e outras formas de valorização, uma vez que a cobrança da tarifa de gestão de resíduos se realiza em função da produção de resíduos indiferenciados (fração remanescente, não separada).

A recente Resolução da Assembleia da República, n.º 96/2021, recomenda ao Governo o reforço da recolha seletiva em Portugal, [9] onde se:

- "Adote as medidas necessárias com vista ao reforço da recolha seletiva em Portugal, desde logo pela implementação de metodologias de recolha que privilegiem o princípio do poluidor-pagador, como as metodologias Pay-As-You-Throw (PAYT), contribuindo para o aumento dos níveis de reciclagem do País e o alcance das metas estabelecidas e na prossecução de uma economia mais circular.";
- "Reformule os mecanismos existentes para disponibilizar financiamento direcionado aos municípios para reformulação e modernização dos sistemas de gestão de resíduos, (...) com vista à sua substituição por sistemas que reforcem o princípio do poluidor-pagador, imputando o custo ao produtor de resíduos indiferenciados, beneficiando quem mais recicla.";
- Altere "o regime geral de gestão de resíduos, a possibilidade de consagrar que, sempre que possível e tecnicamente viável, o custo inerente à recolha e tratamento de resíduos domésticos indiferenciados seja imputado individualmente ao produtor.";

- "...caracterize e acompanhe, de forma periódica, a implementação do PAYT ou de outros modelos, tendo em vista o princípio do poluidor-pagador, identificando os municípios onde esta solução já está implementada ou em processo de implementação, (...) e promovendo a sua publicitação e partilha junto dos municípios."

Neste seguimento, é crucial que os Municípios se direcionem e se desenvolvam no sentido de implementar sistemas tarifários PAYT com vista ao cumprimento dos requisitos legais nacionais assim como das metas europeias e nacionais, que refletem a necessidade de atingir um equilíbrio ambiental e financeiro do sistema de gestão de resíduos.

1.2 Âmbito e Objetivos

O presente trabalho insere-se no âmbito da unidade curricular de Dissertação do quinto ano do Mestrado Integrado em Engenharia do Ambiente, da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O estudo foi realizado em ambiente empresarial, sendo a entidade promotora a Empresa Municipal de Ambiente do Porto, E.M., S.A – Porto Ambiente.

O trabalho teve como objetivo principal a análise da implementação de um sistema PAYT no Município do Porto, tendo por base requisitos técnicos, tecnológicos e económicos, assim como aceitação social, com o propósito de aferir a sua viabilidade e sustentabilidade. Assim, pretendeu-se estimar o impacte real que a implementação de um sistema PAYT implicaria para a entidade de gestão de resíduos e consequentemente para o munícipe, particularmente nas mudanças técnicas do sistema e do seu custo, quer para a empresa, quer para o munícipe.

Para atingir o objetivo principal do trabalho, definiram-se os seguintes objetivos específicos: (i) Análise das diferentes alternativas de sistemas PAYT e dos seus fatores favoráveis e desfavoráveis; (ii) Aferição sobre o funcionamento do sistema de gestão de resíduos atual no Município tendo em conta os diferentes métodos de deposição/recolha de resíduos, as diferentes tipologias de contentores existentes e o seu funcionamento; (iii) Proposta de sistema PAYT para o Município seguida de uma avaliação das mudanças necessárias para a transição para um sistema PAYT; (iv) Pesquisa de tecnologias existentes no mercado necessárias para a adaptação a um sistema PAYT, acompanhado de consulta a empresas fornecedoras de tecnologia e equipamentos; (v) Avaliação e cálculo do investimento necessário e construção do

novo sistema tarifário; (v) Comparação do sistema atual com o sistema PAYT proposto; e, (vi) Análise critica dos resultados obtidos da proposta de sistema PAYT tendo por base a avaliação geral previamente concretizada.

1.3 Descrição da Empresa

A Empresa Municipal de Ambiente do Porto, designada por Porto Ambiente, é a Entidade Gestora dos serviços de gestão dos resíduos urbanos e limpeza do espaço público no Município do Porto, constituída em 2017, por delegação do Município do Porto. A gestão de resíduos urbanos e a limpeza do espaço público são serviços públicos essenciais à população, estando diretamente relacionados com a defesa do ambiente, da saúde pública, da segurança coletiva, do desenvolvimento económico e, em geral, com a melhoria da qualidade de vida dos cidadãos residentes na área territorial do Município do Porto [10].

A Porto Ambiente é responsável pela recolha indiferenciada e seletiva e pelo encaminhamento dos resíduos urbanos para destino final adequado em toda a área do Município. Para tal, disponibiliza contentorização de proximidade, ecopontos e contentores individuais, distribuídos estrategicamente pelo Município do Porto, de modo a tornar a separação dos resíduos mais fácil e cómoda para todos. A Porto Ambiente conta ainda com serviços de recolha personalizados como a recolha porta-a-porta (PaP) para estabelecimentos comerciais e em zonas habitacionais unifamiliares pré-estabelecidas [11].

Os objetivos atingidos e o trabalho desenvolvido pela empresa são confirmados através das certificações e distinções que já lhe foram atribuídas. Em particular, a Porto Ambiente foi certificada pela Associação Portuguesa de Certificação APCER, no referencial normativo ISO 9001:2015 a 07 de fevereiro de 2020 e a esta certificação veio juntar-se a distinção através da atribuição por parte da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR), do Selo de Qualidade do Serviço de Gestão de Resíduos Urbanos, tendo sido distinguidas 7 de entre mais de 200 entidades gestoras existentes a nível nacional [12,13].

1.4 Organização da Dissertação

Com vista a atingir os objetivos anteriormente descritos, dividiu-se a presente dissertação em 5 capítulos, seguidos das Referências e Anexos.

No Capítulo 1 é apresentado o enquadramento do tema e descrevem-se os objetivos da dissertação bem como a empresa.

No Capítulo 2 é apresentado o enquadramento legal na temática dos resíduos urbanos, a descrição do sistema PAYT com discriminação dos tipos de sistema e as respetivas vantagens e desvantagens. Além disso, são referidas as soluções tecnológicas existentes mais utilizadas e por último são descritos casos de estudo internacionais e nacionais onde o sistema PAYT foi implementado.

O Capítulo 3 reflete a componente prática do estudo, onde se faz a caracterização da área em estudo, demográfica, socioeconómica e habitacional; se caracteriza o sistema de gestão de resíduos atual no Município, desde o tipo de deposição/recolha, tipologias de equipamentos que existem e o sistema tarifário implementado bem como se analisam os custos do sistema atual. Neste Capítulo encontra-se também a proposta de sistema PAYT, onde se discriminam as soluções de adaptação do sistema atual ao PAYT e se propõe a reestruturação do sistema tarifário que contempla o cálculo dos custos de investimento, os custos de exploração do serviço e o cálculo das tarifas juntamente com a comparação do novo sistema relativamente ao atual sistema tarifário. Neste capítulo descreve-se e analisa-se também um inquérito realizado no âmbito do estudo.

No Capítulo 4 são apresentadas as principais conclusões do trabalho realizado, seguindo-se o Capítulo 5 onde são enumeradas algumas propostas de desenvolvimento para trabalhos futuros.

2. Estado da Arte

2.1 Enquadramento Legal

A necessidade de implementação de sistemas tarifários como os sistemas PAYT tem vindo a ser espelhada em diversos documentos legais e políticas ambientais europeias e nacionais relevantes para o setor. Os primeiros documentos legais da área não referiam diretamente os sistemas PAYT. No entanto, refletiam a necessidade de que a gestão de resíduos fosse realizada tendo por base a prevenção/redução da produção de resíduos e utilizando critérios de justiça e equidade, o que se evidencia no princípio do poluidor-pagador.

Neste âmbito, fazendo uma resenha a documentos legais (Europeus e Nacionais) relevantes e evolução da introdução desta temática destacam-se, a nível europeu, o "Sexto Programa de Ação em Matéria do Ambiente" (Decisão n.º 1600/2002/CE do

Parlamento Europeu e do Conselho, de 22 de julho de 2002) que refere que a gestão de resíduos se deve basear "no princípio do poluidor-pagador, no princípio da precaução e da acção preventiva e no princípio da correcção da poluição na fonte" e na anterior Diretiva Quadro dos Resíduos (DQR) - Diretiva n.º 2006/12/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de abril que "define igualmente princípios fundamentais, como (...), a hierarquia dos resíduos e, de acordo com o princípio do «poluidor-pagador», a exigência de que os custos da eliminação dos resíduos sejam suportados pelo seu detentor actual, pelos anteriores detentores dos resíduos ou pelos produtores do produto que deu origem aos resíduos." [14,15].

A atual DQR (Diretiva 2008/98/CE), que revoga a Diretiva n.º 2006/12/CE, estabelece uma hierarquia dos resíduos (Figura 2.1) com alguma evolução face ao estabelecido na anterior diretiva, onde se determina uma hierarquia de prioridades em matéria de prevenção e gestão. Assim, a aplicação do princípio da hierarquia dos resíduos com vista à transição para uma economia circular, deve garantir um nível de eficiência elevado na utilização dos recursos, na prevenção e na gestão de resíduos, respeitando sempre que possível a seguinte ordem de prioridades (Figura 2.1): Prevenção/Redução; Preparação para a reutilização; Reciclagem; Outros tipos de valorização; e, Eliminação [16,17].



Figura 2.1: Hierarquia de gestão de resíduos de acordo o Decreto-Lei n.º 102-D/2020 (Fonte: Adaptado de [18]).

Além da hierarquia dos resíduos, na DQR reforça-se o «princípio do poluidor-pagador», de acordo com o qual os custos da gestão de resíduos são suportados pelo produtor inicial dos resíduos e introduz o conceito de «responsabilidade alargada do produtor». Neste documento prevê-se ainda que as autoridades nacionais

competentes devem elaborar planos de gestão de resíduos e programas de prevenção de resíduos [16].

O mais recente Decreto-Lei n.º102-D/2020 de 10 de dezembro que aprova o novo Regime Geral da Gestão de Resíduos (RGGR), transpondo a Diretiva de 2018 que altera a DQR, estabelece o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro e altera o regime da gestão de fluxos específicos de resíduos, prevê e expõe exemplos de instrumentos económicos para incentivar a aplicação da hierarquia dos resíduos, como por exemplo: "Taxas e restrições aplicáveis à deposição em aterros e à incineração de resíduos que incentivem a prevenção de resíduos e a reciclagem, mantendo a deposição em aterros como a opção de gestão de resíduos menos desejável." e "Sistemas de «pagamento em função da produção de resíduos» ou «pay-as-you-throw» que onerem os produtores de resíduos com base na quantidade efetiva de resíduos produzidos e forneçam incentivos à separação dos resíduos recicláveis na origem e à redução dos resíduos indiferenciados." [17].

No que diz respeito ao planeamento estratégico em matéria de resíduos, o Plano Nacional de Gestão de Resíduos (PNGR) para o horizonte 2014-2020 apresentou as orientações fundamentais da política de resíduos a nível nacional, visando «promover uma política de resíduos integrada no ciclo de vida dos produtos, centrada numa economia tendencialmente circular e que garanta uma maior eficiência na utilização dos recursos naturais» bem como incentivando a reutilização de produtos e a recolha seletiva dos resíduos e ainda referindo que os incentivos podem ser conseguidos mediante a redução das tarifas pagas pelos consumidores que efetuam a recolha seletiva dos resíduos urbanos com a implementação de sistemas tarifários PAYT [18].

De salientar que o Plano Nacional de Gestão de Resíduos para o horizonte 2021-2030 (PNGR 2030) está a ser elaborado, estando atualmente submetido a Consulta Pública. Este apresentar-se-á como um instrumento de planeamento macro da política de resíduos com vista a preconizar uma mudança do paradigma atual em matéria de resíduos com o objetivo da prevenção e da gestão de resíduos como uma forma de dar continuidade ao ciclo de vida dos materiais [19].

Por outro lado, o planeamento estratégico em matéria de resíduos urbanos (RU) encontra-se atualmente vertido no Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos (PERSU 2020+) aprovado pela Portaria n.º 241-B/2019, de 31 de julho, que explana um realinhamento das linhas estratégicas do PERSU 2020 que permitam contribuir

para o cumprimento dos compromissos assumidos. O PERSU 2020, aprovado pela Portaria n.º 187-A/2014, de 17 de setembro para o período 2014-2020, configura um instrumento de referência da política de resíduos urbanos em Portugal continental, revogando o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos para o período de 2007 a 2016 (PERSU II), este último que visou colmatar as limitações apontadas do PERSU I que foi o primeiro plano nacional em matéria de resíduos urbanos [20]. O realinhamento do PERSU 2020 (PERSU 2020+) projeta as intervenções a serem desenvolvidas até ao ano 2025, apresentando as seguintes metas [4,21,22]:

- Obrigação de recolha seletiva para biorresíduos até 2023;
- Preparação para reutilização e reciclagem de RU: de 55 % em 2025, de 60 % em 2030 e 65 % em 2035;
- Aumento da reciclagem de resíduos de embalagem: de 60 % em 2025 e de 70 % em 2030, bem como proibição de deposição em aterro de resíduos recicláveis a partir de 2030;
- Redução em aterro para o máximo de 10 % do total de RU gerados até 2035;
- Requisitos mínimos para todos os sistemas de Responsabilidade Alargada do Produtor;
- Métodos de cálculo harmonizados para as taxas de reciclagem, definições claras e melhoradas.

No que se refere aos conteúdos dos planos e articulação com o tema em estudo, o PERSU II já referia a "introdução de um tarifário em função dos resíduos produzidos, ou seja, a aplicação do "Pay-As-You-Throw" (PAYT)", bem como a necessidade de realização de estudos relativos à aplicação deste tipo de sistema tarifário [20].

Por outro lado, o PERSU 2020+ refere o reforço da recolha seletiva multimaterial, através da promoção de investimento em sistemas tarifários inovadores e justos (tais como PAYT) com vista ao aumento das quantidades e da qualidade dos resíduos valorizáveis. Também identifica especificamente que a Região Norte tem como investimentos prioritários o reforço na recolha seletiva multimaterial, a promoção de projetos de aplicação de sistemas tarifários que

tenham por base medição do peso/volume dos resíduos urbanos recolhidos, dando o exemplo dos sistemas PAYT [4,22].

Importa referir que se espera que em breve haja um novo documento estratégico dado que em matéria dos resíduos urbanos o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos 2030 (PERSU 2030) se encontra também em fase de consulta pública [23].

No sentido de dar resposta à implementação de um sistema PAYT, os Planos municipais, intermunicipais e multimunicipais de ação em matéria de resíduos compreendem as ações a desenvolver por forma a cumprir a estratégia nacional para a respetiva área geográfica [60]. O PAPERSU do Município do Porto para o período de 2015-2020 refere o sistema PAYT nas "Linhas de orientação estratégica" para o cumprimento das metas estabelecidas no PERSU 2020. O município do Porto propõe assim implementar um conjunto de ações, enquadradas em eixos de intervenção, sendo que o "Eixo VII – Instrumentos económico-financeiros e de gestão" tem como ação a "Implementação do princípio Pay as you Throw (PAYT)". Nesta ação encontra-se previsto o estudo e teste de soluções que viabilizem a implementação de um sistema desta natureza no concelho, enquadrando de forma clara o presente estudo [21].

Da mesma forma, os Regulamentos Municipais apresentam um papel relevante dado que estabelecem diretrizes para a gestão de resíduos dos Municípios. O Regulamento de Serviço Gestão de Resíduos Urbanos e Limpeza do Espaço Público no Município do Porto de 7 de janeiro de 2019 menciona no artigo 10.º que a prestação do serviço de gestão de resíduos urbanos terá de obedecer a 10 princípios, sendo um deles o "Princípio do poluidor-pagador" [10].

Perante o já referido enquadramento legal e estratégico em matéria de gestão de resíduos, torna-se clara a relevância de concretizar estudos no sentido da viabilidade da implementação de um sistema PAYT no município do Porto.

2.1.1 Regulação dos serviços de gestão de resíduos urbanos

A regulação, supervisão e o exercício de funções de autoridade competente para a coordenação e a fiscalização no setor dos resíduos urbanos são competências da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (ERSAR). A ERSAR procura assegurar uma correta regulação estrutural do setor com a criação de instrumentos e regras para o bom funcionamento do setor bem como regulação na

área económica, legal, contratual, da qualidade dos serviços e de proteção dos utilizadores assim como no que respeita à supervisão e ao controlo dos preços praticados [24].

2.2 Sistema tarifário PAYT

O Sistema PAYT é um sistema tarifário baseado na quantidade de resíduos que cada cidadão "descarta", em particular, a designada fração indiferenciada.

Neste sistema, os utilizadores do serviço de gestão de resíduos urbanos pagam em função dos resíduos indiferenciados gerados por cada habitação. Nos sistemas tradicionais de gestão de resíduos, a tarifa de resíduos está indexada à fatura da água, ou seja, associada ao seu consumo e embora se possa afirmar que há uma correlação positiva entre o consumo de água e a quantidade de resíduos produzidos, podem ser apontadas diversas situações onde tal correlação não existe ou é frágil, uma vez que o denominador comum é exclusivamente a dimensão da família, o que torna o sistema PAYT um método mais justo [3,7,21].

Uma vez que o sistema PAYT cria uma relação direta entre a tarifa paga pelos utilizadores e a quantidade de resíduos indiferenciados produzidos, consequentemente estes sistemas fornecem um incentivo económico para reduzir a produção de resíduos na origem e aumentar as taxas de reciclagem. Estes aspetos contribuem para o aumento da valorização dos resíduos, e, por sua vez, para a diminuição do encaminhamento de resíduos valorizáveis para aterro ou incineração, auxiliando na transição para uma economia circular e para a sustentabilidade ambiental e do próprio sistema de gestão [25,26].

Um sistema tarifário PAYT pode ainda contribuir para a otimização do serviço de recolha, uma vez que exige a recolha e tratamento de informação relacionada com a utilização do sistema, permitindo um maior conhecimento por parte da entidade gestora de resíduos o que se pode traduzir numa diminuição de custos e na melhoria da qualidade dos materiais recicláveis recolhidos [22,26].

Este tipo de sistema baseia-se na aplicação conjunta de dois princípios fundamentais da política ambiental: o princípio do poluidor-pagador, como já referido anteriormente, e o da responsabilidade partilhada, segundo os quais os indivíduos deverão pagar os custos associados à sua parte de responsabilidade na cadeia de consumo [27].

A implementação de um sistema PAYT é baseada nos seguintes pontos [28]:

- Identificação do produtor de resíduos;
- Medição da quantidade de resíduos produzidos por individuo/habitação;
- Aplicação de um tarifário de cobrança individual/habitacional com base na quantificação realizada.

Os tarifários PAYT podem ajudar os municípios a avançar para uma maior sustentabilidade, já que contribuem para os seus três pilares [29]:

- **Pilar Ambiental:** promove a redução e a prevenção da produção de resíduos e a separação de resíduos na fonte, o que representa um caminho para alcançar as metas estipuladas nos planos estratégicos nacionais e nos desígnios legais Nacionais e Europeus.
- **Pilar Económico:** A implementação de sistemas PAYT bem delineados permite que sejam obtidas receitas capazes de cobrir os custos reais de todo o sistema de gestão de resíduos urbanos, com a consequente diminuição da despesa pública.
- **Pilar Social:** são considerados sistemas mais justos. Os munícipes que produzem uma reduzida quantidade de resíduos indiferenciados são beneficiados em comparação com os que produzem grandes quantidades de resíduos indiferenciados.

2.2.1 Principais Vantagens e Desvantagens do Sistema PAYT

Identificada a necessidade de implementar sistemas PAYT, têm surgido progressivamente mais estudos sobre o tema. Pela análise da implementação de sistemas PAYT em vários países, constata-se, principalmente, que com a implementação do sistema é possível atingir fortes reduções na quantidade de resíduos sólidos urbanos produzidos (15-50 %) assim como aumentar as taxas de separação de resíduos na origem (5 a 10 %) [8]. Assim, entre outras vantagens, destacam-se: (i) a diminuição da produção de resíduos indiferenciados; (ii) o incentivo à compostagem doméstica; e (iii) o aumento da consciencialização pública e consequente alteração de comportamentos [30,31].

Porém, os efeitos negativos também estão presentes, embora raramente sejam avaliados. Dado que as vantagens são evidentes e quase inequívocas e as desvantagens devem ser o foco de desenvolvimento de um sistema deste tipo com vista ao seu sucesso, passarei a focar-me mais sobre os aspetos negativos. Estima-se que estes

efeitos negativos possam ter um impacte relevante sendo possível reduzi-los com medidas especiais aquando da implementação dos novos sistemas tarifários como a realização de campanhas de comunicação e sensibilização junto dos munícipes [8]. As principais desvantagens e efeitos negativos que são genericamente suscetíveis de advir com a implementação de sistemas PAYT são: (i) o aumento da quantidade de contaminantes nos recicláveis; (ii) a deposição ilegal dos resíduos; (iii) o risco de migração dos RU para municípios vizinhos onde não haja a implementação do PAYT; (iv) o aparecimento de alguns comportamentos indesejáveis, como por exemplo, a resistência por parte dos cidadãos perante a nova tarifa ou resistência na mudança de hábitos de deposição e recolha, o que pode levar a práticas desadequadas de gestão dos resíduos. Outras das desvantagens são as barreiras de cariz económico e político, em particular: (i) os elevados custos de implementação e operacionais; (ii) a resistência política ao investimento público; (iii) a dificuldade de aplicação do sistema em contexto de habitações multifamiliares; e, (iv) o possível aumento dos custos para os munícipes [31,32].

Segundo Pires (2016), a análise de casos internacionais tem evidenciado três tipos de fatores, que quando interagem entre si, tendem a constituir-se como efetivas barreiras à implementação de sistemas PAYT, sendo eles: Fatores Comportamentais, Fatores Técnicos e Financeiros e Fatores Institucionais [33].

Nos Fatores Comportamentais destaca-se o receio de efeitos secundários indesejáveis devido ao comportamento munícipes, em particular no que respeita à deposição ilegal de resíduos é um dos mais relevantes aspetos, já referido. No caso dos Fatores Técnicos e Financeiros enumeram-se, por exemplo, o facto dos sistemas de deposição seletiva nem sempre serem cómodos e acessíveis, o elevado investimento e uma potencial baixa recuperação dos custos da gestão de resíduos através dos tarifários aplicados (comprovada em casos de estudo) e as restrições orçamentais ao financiamento dos investimentos necessários. Por último, os Fatores Institucionais incluem a falta de um conhecimento mais aprofundado sobre as diferentes soluções de tarifários PAYT por parte dos decisores políticos e dos responsáveis técnicos, a preocupação com potenciais impactes adversos em famílias com menor capacidade económica e o receio de reação pública, mediática e eleitoral adversa. Alguns destes fatores podem ser mitigados através de ações de fiscalização e campanhas de sensibilização, e em casos de reincidência de comportamentos indevidos por parte dos cidadãos, recorrendo à aplicação de coimas [33].

Existem também um conjunto de fatores técnicos/operacionais fundamentais e necessários para garantir o sucesso na implementação de um sistema PAYT. Fatores esses que incluem a necessidade da correta separação dos resíduos, a correta identificação do produtor de resíduos, a garantia de acessibilidade aos equipamentos de deposição, a confiança na recolha e no cálculo do valor a cobrar e a transparência do sistema de gestão de resíduos. Do mesmo modo, é indispensável a capacidade das autoridades para fazer cumprir a aplicação de penalizações, a capacidade da entidade gestora de resíduos ao nível do serviço e da intensidade e qualidade da informação que disponibiliza ao público assim como garantir o envolvimento dos intervenientes locais nos processos de tomada de decisão [30].

2.2.2 As Diferentes Alternativas de Sistemas PAYT

Os sistemas PAYT podem ser implementados utilizando diferentes metodologias, desde a forma de identificação (do utilizador ou contentor), ao método de quantificação dos resíduos (volume ou massa), de acordo com os recursos disponíveis e a sua adequação na área de implementação e para o sistema de gestão. Vários sistemas PAYT podem coexistir num mesmo sistema de gestão de resíduos urbanos [28].

Na Figura 2.2 são apresentadas as principais alternativas de sistemas PAYT.

Os sistemas PAYT dividem-se em duas grandes categorias, os que se baseiam na identificação do utilizador (à esquerda na Figura 2.2), que são características dos processos de deposição coletiva na via pública e os que se fundamentam na identificação do equipamento de deposição, saco ou contentor, compatíveis com a recolha PaP (à direita na Figura 2.2). Seguidamente será aprofundado e descrito o funcionamento das duas categorias [7].

Sistemas PAYT com base na identificação do utilizador

Os sistemas com base na identificação do utilizador são geralmente aplicáveis nos métodos de deposição e recolha em contentores coletivos e caracterizam-se pela identificação do utilizador através de um cartão magnético ou similar, que dá ao utilizador acesso à utilização do sistema. Em casos esporádicos, estes sistemas também podem ser utilizados pela introdução de fichas pré-compradas ou moedas, embora exija que os equipamentos de deposição apresentem um grau de tecnologia complexo, que torna difícil a sua implementação [7].

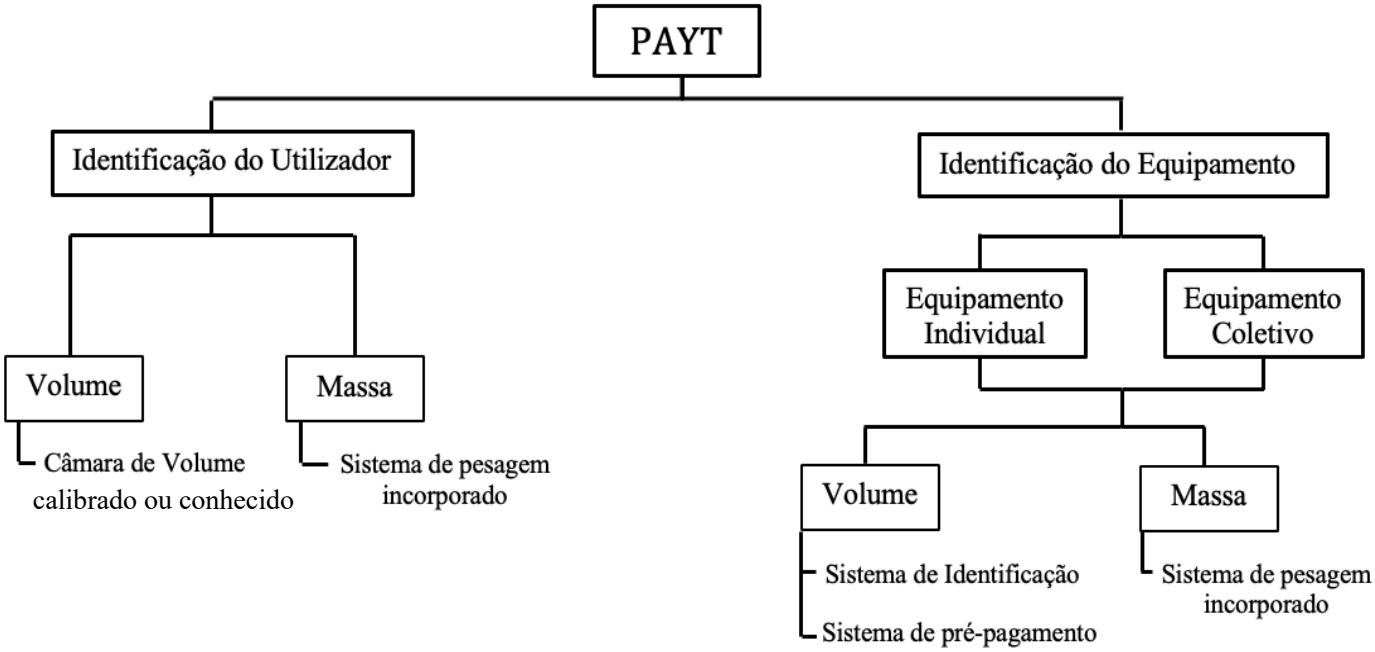


Figura 2.2: Principais alternativas para aplicação do sistema PAYT (Fonte: adaptado de [28]).

O método de quantificação destes sistemas PAYT pode ser através do volume ou massa de resíduos produzidos. Independentemente do método de quantificação que é utilizado, o equipamento de deposição de resíduos indiferenciados tem de estar dotado de um dispositivo tecnológico, que permite a deposição de resíduos apenas com o acesso através de cartão próprio que identifica o utilizador [7].

No método de quantificação através do volume de resíduos depositado, é necessário que os equipamentos de resíduos indiferenciados contenham um mecanismo de unidade volumétrica de deposição de resíduos incorporado (câmara de deposição, tambor duplo) que apenas possibilite a deposição de um volume máximo de resíduos por utilização. No caso da medição por volume, a tarifa é cobrada por litro de resíduos depositados pelo utilizador, consoante o número de deposições e a respetiva capacidade máxima no tambor de deposição [7].

No método de quantificação através da massa de resíduos depositado com base na identificação do utilizador, os princípios são equivalentes aos sistemas por quantificação através do volume, com a ressalva de que em vez dos equipamentos de deposição disporem de um instrumento com volume de deposição pré-definido, há um sistema de pesagem incorporado nos equipamentos [7].

Para além da identificação do utilizador e da quantificação dos resíduos indiferenciados depositados, é necessária a instalação de sistemas informáticos

periféricos nos equipamentos e centralmente ligados que permitam atribuir, a cada utilizador, a massa ou volume dos resíduos depositados e calcular, com uma periodicidade de mensal a anual, a tarifa a pagar [7].

Sistemas PAYT com base na identificação do equipamento

Os sistemas com base na identificação do equipamento estão normalmente associados à recolha PaP e requerem uma identificação prévia do utilizador, quer seja de um utilizador individual ou coletivo (condomínio). Estes sistemas necessitam também do registo do número e dimensão dos equipamentos a utilizar, pelo que estes deverão estar dotados com um chip eletrónico legível pela viatura de recolha ou através de leitor portátil [7].

Os sistemas PAYT com base na identificação do equipamento podem ter as seguintes formas de aplicação: direta, em alojamentos unifamiliares ou multifamiliares com capacidade para distribuição de contentores por fogo onde a deposição é feita em contentores individuais (zonas com menor densidade populacional); indireta, quando a deposição é efetuada em contentores coletivos afetos a mais do que um fogo e associado a zonas densamente povoadas e a estruturas multifamiliares; e o método de deposição ser efetuado em sacos pré-pagos, podendo ou não haver uma numeração dos sacos e o consequente registo do utilizador/comprador [7].

Nos sistemas de identificação do equipamento em que a quantificação dos resíduos é considerada pelo volume de resíduos em regime de pós-pagamento é necessário que o equipamento contenha um chip, código de barras ou outro tipo de tecnologia que possibilite a identificação do utilizador ou dos utilizadores (no caso do contentor ser utilizado por vários utilizadores como por exemplo em condomínios) do equipamento e do volume do equipamento para proceder à cobrança. A cobrança pode ser individual no caso do equipamento estar afeto apenas a um alojamento ou no caso do equipamento estar afeto a vários alojamento, a cobrança pode ser realizada de várias formas, porém, esta é uma das maiores dificuldades do sistema PAYT. Em habitações multifamiliares onde os utilizadores utilizam o mesmo equipamento para efetuar a deposição dos resíduos, geralmente num compartimento de resíduos partilhado por todos os fogos, a cobrança possui impedimento práticos. Ainda assim, existem algumas abordagens para ultrapassar esta dificuldade, entre as quais a mais descrita na literatura é a cobrança ao proprietário do edifício por cada equipamento recolhido e a gestão do edifício repartindo os custos da tarifa de resíduos igualmente por cada alojamento, ou

este custo ser repartido dependendo de uma variável como por exemplo, pela área do alojamento e/ou pelo número de habitante por alojamento, embora não seja a solução ideal [7,34].

No caso do método de pré-pagamento, a deposição está associada à utilização de sacos como meio de deposição dos resíduos. Neste método, é necessário que os sacos para recolha sejam sacos homologados e que tenham uma determinada capacidade conhecida e só os sacos oficiais deverão ser recolhidos. Existe também a alternativa dos utilizadores adquirirem etiquetas ou autocolantes para colocar nos sacos para a recolha. Estas etiquetas e autocolantes contém a identificação da capacidade do saco para posterior aplicação da tarifa [7].

Nos sistemas com base na identificação do equipamento e que utilizam o método de quantificação pela massa de resíduos, os equipamentos terão igualmente de ser dotados com um chip legível por leitor eletrónico da viatura de recolha. Para o efeito, os equipamentos e viaturas de recolha têm que ser equipados com sistemas de pesagem capazes de pesar os resíduos depositados no contentor ou no saco, sendo a massa dos resíduos que são recolhidos considerados como parte ou totalidade da tarifa a pagar pelos utilizadores. Quanto à cobrança dos utilizadores que partilham o mesmo equipamento de deposição, o mesmo se aplica neste sistema pela quantificação da massa de resíduos, o que foi descrito anteriormente para o sistema de identificação do equipamento pela quantificação do volume de resíduos [7].

Para além das várias alternativas de sistema PAYT, há um tipo adicional de sistema descrito na literatura designado por sistema híbrido. O sistema híbrido é descrito da seguinte forma: aos residentes é cobrada uma taxa fixa por um serviço base que compreende a recolha de um número pré-estabelecido de sacos ou contentores para deposição de resíduos. Por qualquer deposição adicional que ultrapasse o número pré-estabelecido no serviço base, será cobrada aos residentes uma taxa extra que pode ser feita pela compra de sacos ou autocolantes licenciados para a recolha. A limitação da quantidade de resíduos que é permitido depositar durante uma determinada recolha proporciona algum incentivo aos residentes para reciclar, fazer compostagem, ou reduzir a produção de resíduos como forma de evitar custos adicionais relativos à recolha [35].

As alternativas PAYT quer pela identificação do utilizador quer pela identificação do equipamento, têm particularidades que tornam a gestão de resíduos e a cobrança dos resíduos, distinta. Assim, a seguinte Tabela 2.1 pretende, resumidamente, ilustrar

os fatores principais que influenciam/condicionam a escolha de sistema PAYT a implementar. E como não há duas áreas de estudo iguais, e existem numerosas variáveis que terão impacte na escolha do melhor sistema a implementar para os cidadãos e para a entidade gestora de resíduos, a Tabela A.1 do Anexo A – (Vantagens e desvantagens das alternativas de sistemas PAYT), apresenta as vantagens e desvantagens das alternativas PAYT, que se deve ter em conta na análise da implementação.

Tabela 2.1: Fatores que influenciam/condicionam a escolha do sistema tarifário PAYT (Fonte: adaptado de [7,34])

Fatores que influenciam/condicionam a escolha do sistema PAYT
• Condições locais (Ex: tipologia de habitação, densidade populacional, zona habitacional (rural ou urbana); • Capacidade e condições dos trajetos dos circuitos de recolha dos resíduos; • Tipologia de deposição e remoção praticada pela entidade gestora de resíduos; • Dimensão da área de intervenção; • Implementação em habitações multifamiliares: dificuldades em identificar o utilizador do serviço e na consequente cobrança.

2.2.3 Tarifário Atual e PAYT

Os Municípios cobram aos seus cidadãos pela prestação de serviços de gestão de resíduos e os métodos utilizados variam significativamente. Estes podem incluir uma tarifa fixa, a uma tarifa variável ou até mesmo uma combinação com componente fixa e variável. A prática generalizada em Portugal é a de que a tarifa de resíduos está dependente e como tal indexada ao consumo de água, o que terminará com a implementação de um sistema PAYT.

Atualmente são descritos três tipos básicos de sistemas PAYT, nomeadamente de tarifa fixa, variável ou multicomponente (também denominada fixa e variável) [7,36]:

Tarifa fixa: montante diário, mensal ou anual fixo estipulado pela entidade gestora e que pode ser um montante igual para todos os utilizadores do serviço ou pode ser um montante fixo definido de acordo com parâmetros que variam de habitação para habitação como por exemplo o número de elementos do agregado familiar e/ou a dimensão da habitação. Normalmente, nas comunidades que praticam este sistema, usa-se uma tarifa fixa anual por habitação estabelecida por contrato com o utilizador.

No plano teórico, deverá suportar a generalidade dos custos, fixos e variáveis, de funcionamento do sistema de gestão de resíduos. No entanto este tipo de tarifa não permite uma relação direta com a produção de resíduos das habitações.

Tarifa variável: este tipo de sistema tarifário cobra em proporção do volume ou massa de resíduos recolhidos. No caso dos sistemas com câmara de deposição e no método de recolha porta-a-porta, esta tarifa varia de acordo com o volume ou massa e frequência de recolha, sendo quantificado o total num período de 30 dias. Poderão também, no sistema de recolha porta-a-porta com utilização de contentores ou sacos, os residentes subscreverem uma das várias opções de tamanho de contentor e a fatura é feita com base no seu nível de assinatura de serviço (capacidade do contentor/saco e recolhas pré-estabelecidas). Quando os residentes descartam mais resíduos e ultrapassam o serviço base subscrito, é cobrada uma tarifa adicional. O preço do contentor/saco varia de acordo com a capacidade escolhida e este valor pode aumentar ou diminuir, dependendo dos objetivos do sistema PAYT estabelecido pelo município.

Tarifa multicomponente ou Tarifa fixa e variável: é o tipo de tarifa mais comum associada aos sistemas PAYT. Baseia-se no princípio de que a tarifa de resíduos urbanos resulta do somatório duma tarifa fixa com uma variável, dado que o respetivo sistema também tem custos fixos e custos variáveis. Esta tarifa é semelhante aos sistemas de faturação utilizados pelos serviços telefónicos e de água, em que os residentes subscrevem um nível básico de serviço, pelo qual pagam uma taxa fixa. A componente fixa corresponde a uma "tarifa de disponibilidade", isto é, deverá cobrir os custos de instalação do sistema, independentemente do seu uso. Esta componente constitui também alguma garantia de receitas fixas para a entidade gestora. Os indicadores mais utilizados para o estabelecimento da componente fixa da tarifa são os indivíduos, as famílias (podendo ou não considerar-se a sua dimensão) e as caraterísticas da infraestrutura habitacional ou comercial (semelhantes aos utilizados para cálculo do valor patrimonial duma infraestrutura habitacional ou comercial). O número de contentores distribuídos ou a sua capacidade global também podem ser utilizados como indicadores para o cálculo da componente fixa da tarifa. A componente variável da tarifa resulta diretamente do sistema PAYT aplicado, em que os residentes pagam com base na quantidade de resíduos produzidos.

Cada sistema tem as suas próprias vantagens e desvantagens, que se encontram descritas na Tabela 2.2 e em pormenor no Anexo A - Tabela A.2 (Vantagens e Desvantagens dos três tipos básicos de tarifa). Uns oferecem maior estabilidade de receitas, enquanto outros criam um maior incentivo à diminuição do desperdício.

Assim, para decidir que sistema tarifário se adequa melhor a cada realidade, é necessário estabelecer os objetivos que o serviço de gestão de resíduos urbanos do município pretende atingir (por exemplo: aumentar a reciclagem ou manter os custos administrativos baixos), e deste modo, determinar qual o sistema tarifário mais adequado com vista a atingir esses objetivos.

Tabela 2.2: Resumo das principais vantagens e desvantagens dos três tipos básicos de tarifa PAYT (Fonte: adaptado de [7,36])

VANTAGENS	DESVANTAGENS
Tarifa Fixa	
- Tarifa com maior potencial para atingir cobertura total dos gastos do sistema; - Sistema tarifário simples de gerir e custos administrativos baixos.	- Custo da tarifa não é proporcional à produção de resíduos; - Sistema cria um menor incentivo à diminuição da produção de resíduos; - Equidade e justiça do sistema tarifário incerto, pois pressupõe que as características da habitação (dimensão, número de habitantes, ...) são proporcionais à produção de resíduos.
Tarifa Variável	
- Maior incentivo para redução da produção de resíduos.	- Sistema tarifário mais dispendioso de implementar e com maior dificuldade em administrar e faturar.
Tarifa Multicomponente	
- Proporciona estabilidade de receitas. Permite aos municípios assegurarem a cobertura dos custos fixos.	- Pode gerar um menor incentivo à redução da produção de resíduos, se não tiver bem explicito na faturação qual o custo pela produção de resíduos.

2.2.4 Soluções Tecnológicas

Como já referido, para a identificação do utilizador do serviço de gestão de RU são necessárias soluções tecnológicas que permitam a correspondência da quantidade de resíduos e o seu produtor, para então se estabelecer uma tarifa indexada à produção real de resíduos.

A identificação do utilizador está geralmente assente no equipamento de deposição. Existe no mercado um leque alargado de soluções de deposição compatíveis com a implementação de sistemas PAYT, havendo em todos eles a necessidade de garantir a correspondência clara entre o produtor e o respetivo equipamento. Os equipamentos de deposição dividem-se em duas grandes categorias: contentores e sacos [7].

No caso da utilização de contentores, como equipamento de deposição e recolha, podem ser usados chips RFID (*radio frequency identification* – identificação por radiofrequência) ou sistemas de controlo de acesso, como soluções tecnológicas a adotar para a implementação de um sistema PAYT.

A solução de chips RFID (Figura 2.3) pode ser implementada tanto em contentores individuais, como em contentores coletivos em edifícios multifamiliares onde existe a partilha de contentores. A tecnologia de RFID é um termo genérico para as tecnologias que utilizam a frequência de rádio para captura de dados. O método mais comum é através do armazenamento de um número de série que identifique uma pessoa ou um objeto [37].



Figura 2.3: Exemplos de Chips RFID para instalação em contentores (Fonte:[7]).

A solução de controlo de acesso (Figura 2.4) aplica-se normalmente a equipamentos coletivos, quer de superfície, quer enterrados, instalados na via pública. Este controlo de acesso é habitualmente efetuado através de cartões magnéticos com identificação do utilizador. Contudo, existem soluções nas quais são adotadas fichas pré-compradas ou moedas, exigindo maior grau de sofisticação tecnológica, o que os torna uma solução pouco adotada [7].



Figura 2.4: Exemplos de contentores com mecanismo de controlo de acesso (Fonte: [7,38]).

Quanto aos sistemas PAYT que utilizam a solução de sacos como meio de deposição, pode ser implementado o método de etiquetas ou autocolantes ou o método de pré-pagamento dos sacos (Figura 2.5). As etiquetas ou autocolantes podem ser comprados ou podem ser revestidos com código de barras, que no momento da recolha, são lidos e a informação é transferida para uma base de dados para posterior cobrança da tarifa de resíduos. No método dos sacos pré-pagos e como já referido anteriormente, o utilizador compra os sacos homologados e esse valor cobre a tarifa, não havendo necessidade de recurso a tecnologia [7].



Figura 2.5: Exemplos de métodos de identificação na utilização em sacos (Fonte: [7]).

Para além da tecnologia associada aos equipamentos de deposição, as viaturas de recolha necessitam igualmente de tecnologia para o funcionamento de alguns sistemas PAYT, nomeadamente para a identificação do detentor do equipamento. No entanto, existem sistemas alternativos que não requerem o recurso a tecnologia nas viaturas de recolha, como no caso dos sacos pré-pagos ou nos sistemas com controlo de acesso.

No caso do PAYT assentar na identificação dos contentores colocados à recolha é imprescindível instrumentar as viaturas com sistemas de leitura RFID (Figura 2.6) ou de pesagem (Figura 2.7), consoante o sistema se efetue por medição do volume ou massa, respetivamente [7].



Figura 2.6: Instrumentação de viaturas com sistema de leitura de chips RFID (Fonte: [7]).

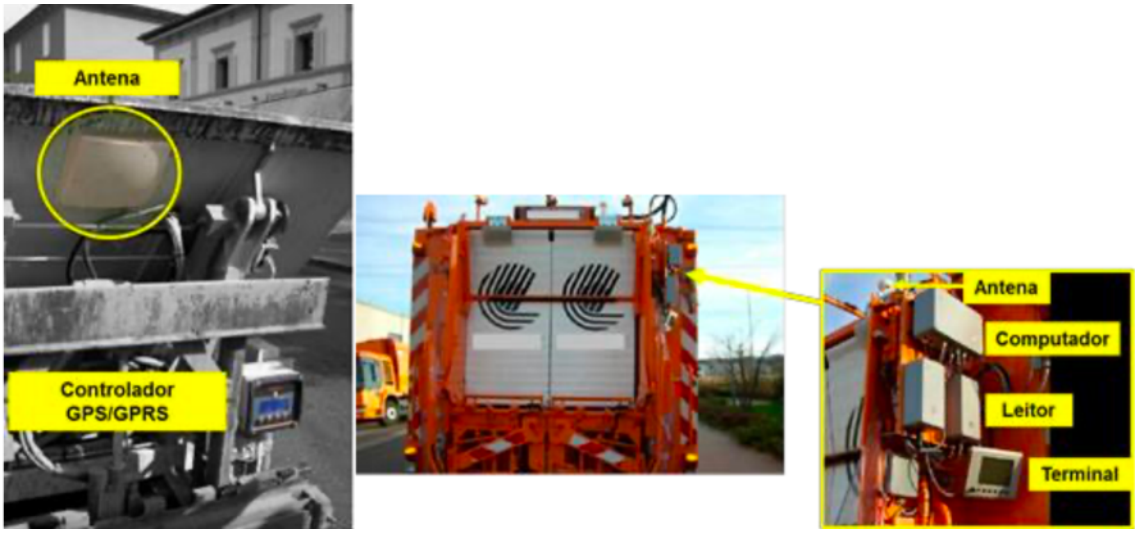


Figura 2.7: Instrumentação de viaturas com sistema de pesagem (Fonte: [7]).

Nos sistemas de leitura RFID, a complexidade pode variar já que podem ser implementados apenas os elementos básicos, como o caso da antena, o leitor, o modem GPRS e o sistema de alimentação, ou podem ser adicionados terminais para o registo de informação complementar e computador de bordo na cabine. Para além dos sistemas de leitura nas viaturas, é necessário haver sistemas informáticos de gestão capazes de reunir e tratar da informação de recolha/deposição, para, assim desenvolver uma faturação em função do comportamento do cidadão. A informação recolhida deverá ser robusta, uma vez que é a base que sustentará a faturação do serviço ao utilizador [7].

O papel das bases de dados é de extrema importância para a implementação de um sistema PAYT, pois configura a peça basilar de todo o sistema na medida em que a partir destas é possível associar o utilizador ao equipamento, e, por conseguinte, determinar o montante a cobrar. De realçar a necessidade de se garantir a proteção dos dados recolhidos, em conformidade com o Regulamento Geral de Proteção de Dados (RGPD) [7].

2.3 Casos de Estudo

Nos últimos 20 anos têm surgido avanços importantes na implementação de soluções PAYT por serem sistemas com incentivos individuais que promovem a diminuição da produção de resíduos urbanos e o aumento da recolha seletiva multimaterial, o que tem levado a um aumento do número de países a aderirem e adotarem estes sistemas devido ao enquadramento legal e estratégico [28]. Atualmente, tanto a nível nacional como internacional, existem vários modelos de sistemas PAYT implementados ou em fase de teste (projetos-piloto) aplicados ao sistema de gestão de resíduos urbanos. O conhecimento dos diferentes casos de estudo e dos resultados obtidos noutros países é fundamental para a compreensão dos diferentes fatores a considerar para a sua implementação, assim como para o estudo e desenvolvimento de projetos futuros.

2.3.1 Internacional

A nível internacional, muitos países como os Estados Unidos da América, o Japão e a Coreia do Sul, têm implementado sistemas tarifários PAYT. Na Europa, os sistemas PAYT encontram-se já relativamente consolidados em alguns países, conforme referenciado no estudo da Comissão Europeia, de novembro de 2015, "Assessment of separate collection schemes in the 28 capitals of the EU", o qual contempla a implementação deste sistema tarifário em 10 das 28 capitais europeias [7]. De seguida apresentam-se dois exemplos de países europeus onde o sistema PAYT está implementado, a Alemanha e a Itália, por serem países pertencentes à União Europeia, sujeitos à mesma legislação que Portugal e em virtude da abordagem praticada na gestão de resíduos nos países da europa ser maioritariamente idêntica entre si, quando comparada com outros países como os Estados Unidos ou o Japão. Adicionalmente, a Alemanha é um dos países onde mais cedo se implementou um sistema deste tipo na

Europa e a Itália apresenta uma variedade de soluções de sistemas PAYT na mesma cidade.

Alemanha: Aschaffenburg

Na Europa, um dos casos é o distrito de Aschaffenburg na Alemanha com cerca de 173 mil habitantes. O sistema PAYT entrou em funcionamento em 1997, estando em funcionamento até aos dias de hoje. O sistema PAYT é baseado no peso de resíduos recolhidos dos fluxos de indiferenciado e orgânico usando contentores de várias capacidades (60 L, 120 L, 240 L, 660 L, e 1100 L) com recolha 1 vez a cada 14 dias. Os contentores estão equipados com chip e etiqueta com código de barras para identificação da habitação. Nas zonas densamente povoadas e com edifícios em altura, existem ao dispor contentores individuais ou contentores coletivos com acesso condicionado, sendo a escolha feita pelo administrador ou proprietário do condomínio. As viaturas de recolha instrumentalizadas recolhem a informação que é transmitida em tempo real no momento da recolha do contentor para posterior cobrança. O sistema PAYT implementado permitiu alcançar uma taxa de recolha seletiva de 86 % e uma capitação de resíduos indiferenciados de 55 kg/(hab.ano) comparados com os 165 kg/(hab.ano) produzidos em 1995. O sistema tarifário adotado é composto por 3 componentes: componente base; componente associada à frequência de recolha; e a componente do peso de resíduos recolhidos. Apesar dos custos de investimento para a implementação, em 2013 foi possível atingir uma tarifa de gestão inferior à de 1997 [7].

Parma, Itália

Outro exemplo europeu é na cidade de Parma (Itália), com 190 000 habitantes. A recolha de resíduos passou, desde 2014, a ser realizada porta-a-porta, sendo o modelo de recolha adotado em função da densidade populacional da zona. No centro histórico da cidade são utilizados contentores de menor capacidade e sacos descartáveis, enquanto nas zonas residenciais periféricas são usados contentores de maior capacidade. Também as frequências de recolha são ajustadas a cada zona, sendo que no centro da cidade a recolha é feita com maior periodicidade. A tarifa PAYT para habitações é composta por duas componentes: a componente fixa, em função do número de elementos do agregado familiar, da área da habitação e de um número estipulado mínimo de recolhas; a componente variável, dependente da produção de resíduos indiferenciados e contabilizada em termos de frequência de colocação de equipamentos à recolha. A componente fixa da tarifa destina-se a cobrir custos fixos do sistema de gestão de resíduos e contempla um número fixo de recolhas. A cobrança

de colocação à recolha adicionais é de 0,7 € por saco, 1,4 € por contentor pequeno e de 4,2 € por contentor com rodas. O sistema porta-a-porta é complementado por duas modalidades de deposição/recolha: "Eco-stations" e "Eco-Wagon". A solução "Eco-Station" consiste numa espécie de quiosque para deposição de resíduos e visa colmatar situações de impossibilidade de colocação dos resíduos nos dias/horários estabelecidos para a recolha porta-a-porta. A "Eco-Station" apenas pode ser acedida através da utilização de cartão de acesso, sendo a deposição de resíduos recicláveis gratuita e os resíduos indiferenciados cobrado um valor de 0,7 € por cada saco de 40 L tal como na recolha porta-a-porta. Já o "Eco-Wagon" opera no centro histórico e assemelha-se ao funcionamento de um autocarro, com rotas fixas e zonas de paragens pré-definidas, onde a viatura se mantém por um período de tempo e os cidadãos podem proceder à entrega dos resíduos, e tal como nas anteriores soluções, é cobrada uma tarifa de 0,7 € por cada saco de 40 L onde o produtor é identificado através da identificação presente no saco. A introdução do sistema PAYT resultou na diminuição da produção de resíduos indiferenciados; assim, os quantitativos de resíduos indiferenciados, entre 2014 e 2016 sofreram um decréscimo de cerca de 30,4 %, enquanto os fluxos da recolha seletiva registaram aumentos que variaram entre 2 % e 20 %. De uma forma global, os resíduos recolhidos seletivamente, atingiram em 2016, 76 % da produção total de resíduos [7].

Da análise verificada dos diversos sistemas PAYT na Europa, constata-se que os sistemas que consideram a pesagem dos resíduos recolhidos são em muito menor número do que os sistemas PAYT com identificação do utilizador e cuja tarifa é em função do volume [7].

2.3.2 Nacional

A nível nacional, e apesar dos objetivos que se pretende atingir quanto à implementação de sistemas que tornem a tarifa de resíduos mais justa e equitativa, a aplicação de sistemas PAYT é ainda muito limitada.

Guimarães

O sistema PAYT entrou em vigor no centro histórico de Guimarães desde abril de 2016, como resultado dos esforços da Câmara Municipal e da empresa Vitrus Ambiente e a RESINORTE (concessionária do sistema multimunicipal de triagem, recolha, valorização e tratamento de resíduos sólidos urbanos do Norte Central). O município de Guimarães é responsável pelo projeto e pelo cálculo das tarifas e a Empresa Municipal Vitrus Ambiente pela recolha e cobrança das tarifas atribuídas. O

projeto abrange um total de 594 produtores, dos quais 329 são domésticos e 265 são não domésticos. O sistema de deposição compreende a utilização de sacos próprios para deposição seletiva de resíduos (sacos transparentes azuis, amarelos e verdes de 50 e 100 litros) e também a utilização de sacos pré-comprados com tarifário PAYT para os resíduos indiferenciados (15, 30, 50 e 100 litros). O utilizador tem apenas de requerer, através de contacto telefónico ou via e-mail, o número de sacos e a capacidade desejada. O serviço de entrega de sacos é gratuito e o pagamento dos sacos é feito no ato da entrega. O sistema tarifário PAYT é composto por uma tarifa de disponibilidade cobrada mensalmente juntamente na fatura da água e por uma tarifa variável cobrada para os resíduos indiferenciados de acordo com o volume (€/L) do saco pré-comprado para deposição dos resíduos. A implementação do projeto PAYT em Guimarães superou os objetivos inicialmente delineados para o primeiro ano do projeto (aumento de 15 % da recolha seletiva e uma diminuição de 10 % da recolha indiferenciada), tendo sido alcançado entre setembro de 2016 e março de 2017, um aumento global de 126 % nas quantidades recolhidas seletivamente, e uma redução de 34 % das quantidades de resíduos indiferenciados, traduzindo-se numa redução de 14 % da produção total de resíduos [7].

Maia

A Maiambiente, empresa pública municipal da Maia, em 2012, alargou a recolha porta-a-porta a todo concelho da Maia através do projeto "Ecoponto em casa". O projeto em causa visava o alargamento da recolha seletiva porta-a-porta, e, por outro lado, a preparação da base de um sistema de gestão que permitisse a evolução futura para sistemas tarifários do tipo PAYT. A solução de contentorização envolveu, face à tipologia habitacional do concelho, mais que uma alternativa [7].

- Habitação Unifamiliar: a cada habitação foram atribuídos 4 contentores para uso individual, sendo a sua guarda assegurada fora da via pública, num espaço privado;
- Habitação Multifamiliar com compartimento de resíduos: os equipamentos de deposição foram atribuídos ao nível do edifício, ajustando-se a sua capacidade às necessidades decorrentes das frequências pré-estabelecidas e do número de fogos existentes;
- Habitação Multifamiliar sem compartimento de resíduos: foi mantida a solução de utilização de contentores na via pública.

No dia 3 de maio de 2021, a Maiambiente apresentou o Projeto "Recicle mais. Pague menos", que consiste na implementação de um novo modelo de gestão dos resíduos para o Município, no sentido da concretização de um sistema PAYT. O processo será gradual e começará por ações de sensibilização junto dos munícipes, devendo no final do corrente ano de 2021 ser efetivamente implementado em cerca de 3 500 habitações unifamiliares. A Maiambiente pretende que todo o Município esteja abrangido até 2024 pelo novo sistema de gestão de resíduos, onde o modelo tarifário é em função da produção de resíduos indiferenciados. A forma de cálculo da tarifa do serviço de gestão de resíduos é calculada segundo um período de referência e o respetivo número de vezes que o contentor de resíduos indiferenciados foi recolhido. A cobrança compreende uma tarifa de disponibilidade (€/dia), uma tarifa variável de acordo com os resíduos indiferenciados recolhidos (€/L) e a taxa de gestão de resíduos (TGR) de acordo com a quantidade de resíduos indiferenciados recolhidos para tratamento (€/L) [39].

Portimão

O projeto de Portimão consistiu na instalação de controlo de acesso numa das ilhas ecológicas existentes no concelho. Inicialmente, foi instalado apenas no equipamento destinado aos resíduos indiferenciados tendo sido posteriormente alargado para os equipamentos de resíduos recicláveis. Com o objetivo de testar a operacionalidade do sistema e, em paralelo, avaliar a quantidade depositada por munícipe. A abertura dos contentores é feita através de cartão magnético disponibilizado aos utilizadores deste equipamento. A quantificação dos resíduos depositados incide apenas no fluxo de resíduos indiferenciados e é feita com base no volume depositado na tômbola de 50 litros, incorporada internamente no contentor, o que permite registar os quantitativos produzidos por cada munícipe. Este sistema permitirá evoluir para um tarifário PAYT em função dos resíduos indiferenciados depositados. Contudo, o Projeto não teve continuidade devido a questões relacionadas com o seu financiamento [7].

Segundo os autores Alzamora e Barros [3] que fazem referência aos diferentes tipos de PAYT adotados em vários países do mundo, desde países desenvolvidos como a Suécia, Holanda e Bélgica, a países menos desenvolvido como o Gana, Chile e o Brasil, observa-se uma grande variação nos sistemas de cobrança, sendo que quanto mais desenvolvido é um país, mais sofisticado é em termos de sistemas de cobrança. Os países mais desenvolvidos destacam-se não só pela existência de sistemas tarifários

para cobrança da gestão dos resíduos, mas também com uma maior prevalência de sistemas tarifários PAYT em todo o seu território. Os países em desenvolvimento, por outro lado, ainda não cobram e/ou têm dificuldade em universalizar a cobrança, uma vez que a maioria dos municípios ainda financia o serviço através de taxas gerais. Quando utilizado, o método de cobrança geralmente escolhido é o da taxa fixa, pela sua simplicidade de cálculo e compreensão. Ainda de acordo com este estudo, para melhorias nos sistemas de cobrança é necessário não só a presença de um quadro legal, mas sobretudo uma maior maturidade no que diz respeito à gestão de resíduos sólidos urbanos.

3 Caso de estudo no Município do Porto

3.1 Caracterização da área de estudo

3.1.1 Caracterização Demográfica e Socioeconómica

O Município do Porto pertence à Região Norte de Portugal e tem uma área de 41,4 km^2, dividida em 7 freguesias (3 das quais são uniões de freguesias). No ano de 2019, o Porto contava com uma população total de 216 606 habitantes e consequentemente com uma densidade populacional de 5 232,9 hab/km^2, de acordo com dados do INE [40,41].

Na Tabela 3.1 e Tabela 3.2 são apresentados os dados demográficos e socioeconómicos da população residente no Município do Porto.

Segundo os dados do INE, registou-se um decréscimo da população residente no Município do Porto entre 2011 e 2016. O ano de 2016 foi o ano com o menor número de habitantes e desde então verifica-se um progressivo aumento da população residente bem como o aumento do saldo migratório. No que toca aos grupos etários, o maior grupo etário é o grupo dos 15-64 anos (58,4 %) e de seguida o grupo > 65 (28,3 %), o que demonstra que o município apresenta uma tendência para prevalência de população mais envelhecida. Em relação ao nível de escolaridade dos habitantes do Município, a maior percentagem, 25,3 %, apresenta formação superior, seguindo-se com 24,2 %, habitantes com o 1º ciclo do ensino básico concluído. Mais de metade da população (58 %) tem no máximo habilitações até ao 3º ciclo do ensino básico. A dimensão média das famílias é de 2,32 indivíduos [41].

No que diz respeito às movimentações da população que estuda ou trabalha no Município ou fora, constata-se uma diferença significativa. Verifica-se assim uma entrada muito superior de população no Município em comparação com a população que sai para outro município. Ao caráter fortemente turístico do Município e de polo central de atividades e serviços está ainda associada uma população flutuante relevante, como se verifica pelos dados na Tabela 3.1 de 65,56 % de população não residente empregada no Município e de 42,91 % de população não residente que frequenta o ensino superior no Município. Estes valores evidenciam a forte atividade no Município e têm implicações relevantes na gestão de resíduos, uma vez que parte da população que trabalha e estuda no Município do Porto, não reside no Município e por isso não paga pelos resíduos que gera no Município [21,42].

O setor económico predominante no Município é o setor terciário que corresponde a 92,6 % de todo o setor económico e compreende as atividades de comércio de bens e de prestação de serviços.

Os fatores demográficos e socioeconómicos descritos podem influenciar o sentido e a forma de como um sistema PAYT pode ser implementado. Pode igualmente ajudar a perceber as necessidades e as dificuldades dos habitantes a um novo sistema tarifário, bem como auxiliar a forma como a sensibilização aos cidadãos deve ser realizada.

Mais concretamente, a faixa etária e o número de habitantes residente segundo o nível de escolaridade, que no caso do Município do Porto, mais de metade da população tem pelo menos o 9º ano de escolaridade, o que pode ajudar fortemente na aceitação à mudança para um novo sistema de gestão de resíduos. É igualmente necessário ter em conta a taxa de emprego/desemprego e o ganho médio mensal dos munícipes que é um fator que influencia a aceitação social de um novo sistema tarifário que poderá implicar um aumento da tarifa de resíduos em comparação com a tarifa que paga atualmente. Contudo, a informação acima apresentada, indica desde já a necessidade de uma forte sensibilização da população e de uma análise cuidada da aplicação do novo tarifário na implementação do PAYT, uma vez que, o Município apresenta ainda assim, uma percentagem relevante de população desempregada (17,59 %), inativa (42,90 %), com menos do 9º ano escolaridade (41,00 %) e analfabeta (2,83 %).

Tabela 3.1: Dados demográficos relativos ao Município do Porto (Fonte: [41-43])

	Total (H+M)	**Homens (H)**	**Mulheres (M)**
População Residente (Nº) [1]	216 606	97 378 (44,9%)*	119 228 (55,0%)*
Grupo Etário (anos) [1]			
0-14	28.041 (12,9%)*	14.232 (14,6%)*	13.809 (11,6%)*
15-64	126.552 (58,4%)*	59.503 (61,1%)*	67.049 (56,2%)*
> 65	61.353 (28,3%)*	23.295 (24,0%)*	38.059 (31,9%)*
Dimensão média das famílias (N.º) [2]	2,32		
Nível de Escolaridade [2]			
Sem nível de escolaridade	13.814 (6,6%)*	3.766 (4,0%)*	10.048 (8,7%)*
Básico 1º ciclo	50.642 (24,2%)*	20.376 (21,8%)*	30.266 (26,2%)*
Básico 2º ciclo	21.333 (10,2%)*	11.165 (11,9%)*	10.168 (8,8%)*
Básico 3º ciclo	35.585 (17,0%)*	17.816 (19,0%)*	17.769 (15,4%)*
Secundário	32.936 (15,7%)*	16.479 (17,6%)*	16.457 (14,2%)*
Superior	52.985 (25,3%)*	22.937 (24,5%)*	30.048 (26,0%)*
Taxa de analfabetismo (%) [2]	2,83		
Taxa de desemprego (%) [2]	17,59	18,60	16,61
Taxa de emprego (%) [2]	42,3	46,1	39,2
Taxa de atividade (%) da população residente [2]	45,17	49,00	41,98
Taxa de inatividade (%)[2]	42,9	37,6	47,3
Proporção da população residente que trabalha ou estuda noutro município (%)[2]	21,93		
Proporção da população não residente empregada na unidade territorial [2]	65,56		
Proporção da população não residente que frequenta o ensino superior na unidade territorial (%)[2]	42,91		
Taxa de crescimento migratório (%)[3]	0,79		

[1]: Dados estimados para 2019; [2]: Dados estimados para 2011; [3]: Dados estimados para 2018
* O somatório dos valores percentuais poderá não igualar 100 devido a arredondamentos.

Tabela 3.2: Dados socioeconómicos do Município do Porto (Fonte: [42,43])

Setor económico (%)[1]	
Setor Primário (Setor de extração de matérias-primas. Ex: agricultura, mineração, pesca)	2,2
Setor Secundário (Setor da indústria, transformação de matérias-primas. Ex: indústria fornecedora de água, gás, eletricidade)	5,2
Setor Terciário (Setor da comercialização dos bens tangíveis e intangíveis. Ex: educação, comércio em geral, saúde)	92,6
Ganho médio mensal dos habitantes (€)[2]	
1 336,9	
Valor mediano do rendimento bruto declarado por agregado fiscal (€)[2]	
13 000	

[1]: Dados estimados para 2019; [2]: Dados estimados para 2017

3.1.2 Caracterização Habitacional

Um dos aspetos mais importante na escolha e implementação de qualquer sistema PAYT são as características habitacionais. O Município do Porto é uma área predominantemente urbana e apresenta diferentes tipologias habitacionais e em diferentes densidades ao longo do território (Figuras B.3, B.4, B.5, B.6 do Anexo B), o que impõe grande complexidade à implementação de um sistema PAYT. Na Tabela 3.3 e na Tabela 3.4 apresentam-se dados sobre o alojamento. No Anexo B constam os dados habitacionais específicos de cada freguesia e figuras representativas do Município quanto à tipologia dos edifícios e dispersão destes no território. De notar que estes dados são fundamentalmente relativos ao ano de 2011 e por isso os valores atuais poderão ter variações relativamente a estes.

Tabela 3.3: Dados habitacionais estimados para 2019 segundo a tipologia dos alojamentos do Município do Porto (Fonte: adaptado de [42,44])

Tipologia dos Alojamentos (N.º)	**Total**	**Alojamentos familiares**		**Alojamentos coletivos**
	137.891	**Alojamentos clássicos**	**Alojamentos não clássicos**	
		137.236 (139.253) [1]	135	520

[1]: Dados estimados para 2019.

Tabela 3.4: Dados habitacionais do Município do Porto quanto à tipologia de edifícios e número de pisos estimados no ano de 2011 (Fonte: adaptado de [42,44])

Município do Porto	**Total**	**Exclusivamente residencial**		**Principalmente residenciais**		**Principalmente não residenciais**		
Tipologia dos Edifícios (N.º)	44.324	37.967		5.700		657		
Edifícios por número de pisos (N.º)	44.324	1	2	3	4	5	6	7+
		13.658	12.520	8.506	5.270	2.025	889	889

No Município do Porto existiam, em 2019, cerca de 139 253 alojamentos familiares clássicos e o número médio de indivíduos por este tipo de alojamento seria de 1,6 [42].

Da análise dos dados e da informação habitacional disposta no Anexo A, podemos verificar que a freguesia de Paranhos é a que apresenta um maior número de alojamentos. As freguesias limite do município apresentam uma maior presença de residências unifamiliares, como é o caso de Campanhã e da União de Freguesias de Aldoar, Foz do Douro e Nevogilde.

Dos edifícios principalmente não residenciais do Porto, uma elevada proporção localiza-se sobretudo nas freguesias do centro (União das Freguesias de Cedofeita, Santo Ildefonso, Sé, Miragaia, São Nicolau e Vitória, União das Freguesias de Lordelo do Ouro e Massarelos), especificamente nas zonas da Baixa e Boavista, zonas essencialmente dedicadas ao comércio e serviços [44].

Em relação ao número de edifícios por número de pisos, os dados demonstram que no Município predominam edifícios com menos de 3 pisos. Os edifícios de cinco ou mais pisos, que na sua maioria são residenciais, situam-se dispersos nas áreas adjacentes ao centro do Porto, onde as construções são mais recentes (Ramalde, Paranhos, União das Freguesias de Lordelo do Ouro e Massarelos) [44].

3.2 Caracterização do sistema de gestão de resíduos do Município

3.2.1 Caracterização quantitativa e qualitativa da produção de Resíduos

A Lipor - Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto, gere os resíduos urbanos produzidos por oito municípios, incluindo o Município do Porto [45].

Em 2020, segundo os dados publicados pela Lipor [46], 130 974,46 toneladas de resíduos foram produzidas no concelho do Porto, o que corresponde a uma capitação de 1,66 kg/(hab.dia). Do total de resíduos, 78,82 % corresponde à fração indiferenciada e 21,18 % à fração seletiva.

Na Figura 3.1, é apresentada a composição dos resíduos indiferenciados apurada pela Lipor.

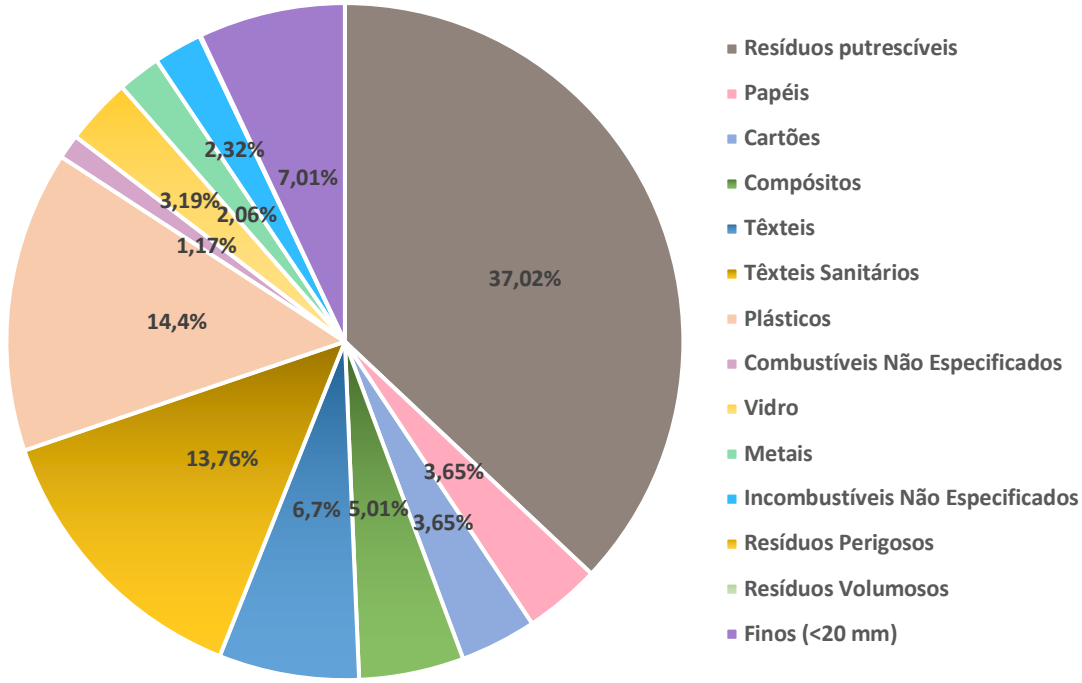


Figura 3.1: Composição física dos resíduos indiferenciados produzidos no Porto apurados para o ano de 2016 (Fonte: adaptado de [47]).

Como se pode verificar pela Figura 3.1, na fração de resíduos indiferenciados são identificados resíduos que poderiam ser valorizados, como cartões, plásticos, vidro e resíduos putrescíveis. Estes últimos representam a maior percentagem (37,02 %) do total de resíduos indiferenciados. No Município do Porto, 70,73 % do total de resíduos indiferenciados recolhidos são considerados resíduos valorizáveis, que compreendem todos os resíduos acima expostos, exceto os 29,27 % que não são valorizáveis e são compostos pelos: compósitos, têxteis sanitários, combustíveis e incombustíveis não especificados e resíduos finos [47].

Uma vez que o sistema PAYT incentiva a diminuição da produção de resíduos indiferenciados e o aumento da reciclagem, a implementação de um sistema PAYT no

Município do Porto pode ser benéfica e justificada dado que a maior parte dos resíduos recolhidos são resíduos indiferenciados (78,82 %) e, analisando esta fração, a maior parte dos resíduos são passíveis de valorização [46,47].

3.2.2 Tipos de Sistemas de Deposição e Recolha

A descrição dos métodos de deposição e recolha, bem como dos modelos de equipamentos de deposição existentes são importantes para definir o tipo de sistema PAYT mais adequado para o Município. Apenas assim será possível perspetivar e determinar o impacte que a mudança para um novo sistema tarifário de resíduos pode ter, comparando com o atual sistema de gestão.

Para efeitos de deposição dos resíduos e sua recolha (indiferenciada e/ou seletiva), a Porto Ambiente disponibiliza aos utilizadores os seguintes métodos de deposição dos resíduos urbanos [10]:

1. Deposição coletiva por proximidade;
2. Deposição porta-a-porta, coletiva ou individual, em contentores ou sacos;
3. Deposição em ecocentros.

Considerando a informação referente ao ano de 2020, e como se pode verificar pela Tabela 3.5 no que diz respeito à deposição coletiva por proximidade das frações seletivas (multimaterial), o Município apresenta 1 167 equipamentos de deposição de papel&cartão, 1 169 equipamentos de deposição da fração de embalagens plásticas e metálicas) e 1 248 equipamentos de deposição da fração vidro embalagem e destes equipamentos, 1 166 são em ecopontos (conjunto de três equipamentos para os três fluxos de resíduos recicláveis). Segundo os dados de 2019, a capacidade de deposição é de 5 m^3/hab e o Município apresenta uma acessibilidade física do utilizador ao serviço de recolha seletiva de 84 % considerando uma distância de raio não superior a 100 metros como se pode verificar na Figura C.1 do Anexo C. Há também a recolha de óleos alimentares usados (OAU) através da deposição num dos 64 Oleões instalados no Município do Porto. Serão em breve instalados cerca de 500 contentores de proximidade para a recolha de resíduos orgânicos abrangendo mais de 50 % da população do município, no âmbito da "campanha Porto Orgânico". A recolha seletiva de resíduos é realizada por 11 circuitos, tendo sido recolhidas no ano de 2020 13 719 toneladas de resíduos provenientes da recolha seletiva multimaterial, 8 582 toneladas

da recolha de biorresíduos, e aproximadamente 21 176 litros de óleos alimentares usados [48-50].

Tabela 3.5: Número de equipamentos coletivos de deposição por proximidade da fração seletiva multimaterial presente no Município, no ano de 2020 (Fonte: adaptado de [50])

Resíduos	Equipamentos Subterrâneos (Nº)	Equipamentos Superfície (Nº)	Total (Nº)
Papel & Cartão	351	816	1167
Embalagens Plásticas e Metálicas	354	815	1169
Embalagens de Vidro	358	890	1248
Ecoponto (conjuntos dos 3 tipos de resíduos)	815	351	1166

No caso da deposição coletiva por proximidade da fração indiferenciada, o Município possui 5 131 contentores, com capacidade instalada de deposição de 7 484 m^3, sendo destes, 787 contentores subterrâneos e 4 344 de superfície. A recolha é realizada por 32 circuitos com uma acessibilidade física do serviço de 98 % (Figura C.2 Anexo C), tendo sido recolhidas no ano de 2020, 97 632 toneladas de resíduos indiferenciados [48,50].

O serviço de recolha porta-a-porta tem duas variantes: a recolha porta-a-porta residencial e a recolha porta-a-porta não residencial. Quanto à recolha porta-a-porta residencial, o Projeto "Reciclar é Dar+" abrangia, em 2020, 1 927 aderentes, o que corresponde a 2 % da população do Município. No âmbito deste Projeto são fornecidos contentores de 140 L para deposição e colocação à recolha de papel/cartão, plástico/metal, vidro e indiferenciados (resto), um contentor de 40 L para deposição e colocação à recolha de resíduos orgânicos e para a recolha de resíduos verdes foi entregue aos interessados um saco de 20 kg de capacidade para deposição e colocação à recolha.

A recolha PaP residencial dispõe de circuitos e horários programados para cada tipo de resíduo a recolher e as ruas abrangidas pelo sistema estão apresentadas no Anexo C, Figura C.3. No ano de 2020, recolheram-se 564 toneladas de resíduos indiferenciados no serviço de recolha porta-a-porta residencial. Já a recolha porta-a-porta não residencial comercial, que abrange aderentes de estabelecimentos como

cafés, restaurantes, lojas, entre outros, consiste num serviço de recolha seletiva de resíduos que inclui a recolha de resíduos da fração seletiva multimaterial, tais como papel/cartão, embalagens de plástico/metal e vidro, e os resíduos orgânicos. No caso da fração multimaterial são entregues a cada aderente um conjunto de sacos destinados à deposição dos diferentes tipos de resíduos produzidos, cada um com capacidade de 90 ou 120 litros. No caso dos resíduos orgânicos, é entregue um contentor com capacidade definida de acordo com a produção de resíduos de cada local [51]. Este serviço possui 978 aderentes da recolha de resíduos orgânicos e 814 aderentes da recolha seletiva multimaterial. No que diz respeito ao serviço "Grandes Produtores" (quando a produção diária exceda os 1 100 L por produtor), atualmente há 49 aderentes do serviço [48].

A deposição em ecocentros funciona por meio de 2 ecocentros: o Ecocentro das Antas e o Ecocentro da Prelada. Nos ecocentros são rececionados resíduos selecionados diversos produzidos por munícipes, entidades ou empresas. A Porto Ambiente dispõe igualmente de um serviço de recolha ao domicílio gratuita de Objetos Fora de Uso, Equipamentos Elétricos e Eletrónicos e de Resíduos Verdes através de uma linha de atendimento telefónico [21].

Como descrito, vários tipos de sistemas de recolha funcionam simultaneamente no Município do Porto. Por essa razão, existe uma variedade de tipologias de equipamentos de deposição instalados atualmente (Descrição na Tabela C.1 do Anexo C).

Relativamente às viaturas de recolha, a Porto Ambiente em 2020 dispunha de 55 viaturas próprias e 16 viaturas alugadas, sendo que a afetação destas está exposta na Tabela 3.6, sendo que uma viatura pode estar afeta a mais do que um tipo de recolha.

Tabela 3.6: Afetação do número de viaturas ao tipo de recolha, no ano de 2020 (Fonte: adaptado de [50])

Afetação das viaturas	**Nº**
Recolha indiferenciada	19
Recolha Multimaterial	2
Recolha Indiferenciada e Multimaterial	48
Recolha de Biorresíduos	40
Lavagem de equipamentos	2

Dentro da frota, a Porto Ambiente dispõe de 2 viaturas de recolha instrumentalizadas com o sistema de leitura dos *tags* RFID utilizados no âmbito da recolha PaP residencial. Porém, de momento, esse sistema não está em funcionamento [50].

3.2.3 Sistema Tarifário de Resíduos Urbanos

O sistema tarifário que vigora no Município do Porto está indexado ao consumo da água, ou seja, aos munícipes é cobrada uma tarifa de gestão de resíduos de acordo com a quantidade de água que estes consomem. O sistema está implementado quer para utilizadores domésticos ("aquele que utiliza o prédio urbano para fins habitacionais, com exceção das utilizações referentes às partes comuns administradas pelos condomínios") como não domésticos ("aquele que não esteja abrangido nos domésticos, incluindo o Estado, as autarquias locais, os fundos e serviços autónomos e as entidades dos setores empresariais do Estado e locais") [10].

O Tarifário de Gestão de Resíduos é composto por uma tarifa fixa (€/30 dias) e uma tarifa variável (€/m^3). A tarifa fixa corresponde à disponibilidade do serviço e a tarifa variável corresponde ao consumo mensal de água dos cidadãos [10]. Para os utilizadores domésticos a tarifa de disponibilidade é de 2,0109 € e a tarifa variável é de 0,4221 €/m^3. Para os utilizadores não domésticos a tarifa de disponibilidade é de 13,2788 € e a tarifa variável é de 0,5408 €/m^3 [52]. Assim, e de acordo com informação cedida pela Porto Ambiente, para um consumo médio estimado de 10 m^3 mensais por habitação, o utilizador doméstico do Município do Porto paga 6,23 € mensais relativamente à gestão dos resíduos, o que acarreta um encargo médio de 74,76 € por ano. Mais se refere que a tarifa do Município do Porto é a mais económica do universo de municípios que integram o perímetro Lipor [53]. Quando comparado, por exemplo com o Município da Maia e admitindo um mesmo consumo de 10 m^3 por habitação, o munícipe da Maia pagaria em média 9,72 €/mês, ou seja, 116,64 €/ano (cerca de 56 % superior ao cobrado no Município do Porto).

3.2.4 Análise dos custos do sistema atual

Quanto aos custos e à sustentabilidade do serviço de gestão relativo ao ano de 2020, a Porto Ambiente, obteve o resultado líquido positivo de 287 093 euros. Verificou-se uma taxa de execução orçamental de 97 % dos gastos e de 98 % dos rendimentos. No ano de 2020, o total de gastos/despesas e de rendimentos/receita foi

de 21 808 914,66 euros e 22 096 008,15 euros, respetivamente. Deste modo, a Porto Ambiente atingiu uma cobertura total dos gastos por via da tarifa [54].

3.3 Proposta de um Sistema PAYT para o Município do Porto

Com vista a propor um sistema PAYT no Município do Porto é necessário, primeiramente, realizar o estudo de soluções possíveis de serem implementadas tendo por base o sistema atual com vista à transição para o tarifário PAYT.

Neste estudo foram considerados os aspetos atuais do sistema tais como, entre outros fatores, os equipamentos e métodos de deposição/recolha existentes, as viaturas de recolha e o funcionamento do atual sistema de gestão de resíduos.

3.3.1 Soluções de adaptação do sistema atual ao PAYT

A abordagem utilizada neste estudo passou primeiramente por identificar as soluções disponíveis para a adaptação do atual sistema a um novo sistema tarifário PAYT. Assim e tendo por base a adaptação ao sistema atual e os custos, o método considerado para quantificação dos resíduos foi o volume (litros) devido ao benchmarking e revisão bibliográfica e por ser o método de quantificação que requer menos custos de investimento para o funcionamento do sistema.

Quanto à identificação do utilizador, terá necessariamente de haver diferentes alternativas PAYT no Município, visto que coexistem diferentes tipos de recolha, métodos de deposição e tipologias de habitação.

No caso dos utilizadores domésticos que dispõem de recolha porta-a-porta residencial é necessário distinguir entre os utilizadores de habitações unifamiliares e os utilizadores de habitações multifamiliares que utilizam a deposição dos seus resíduos num compartimento de resíduos disponível para todos os residentes da habitação. Neste estudo, será considerada para os utilizadores do PaP residencial de habitações unifamiliares, a alternativa PAYT utilizando a identificação do contentor de resíduos da habitação sendo quantificada a capacidade máxima do contentor sempre que for colocado para recolha, uma vez que é a solução mais fácil para adaptar e que requer menos investimento. Assim e para adaptar o sistema atual ao funcionamento do PAYT, é necessário apenas adquirir um *software* para suporte de recolha e tratamento dos dados da identificação do contentor, uma vez que, neste sistema, os contentores já dispõem, atualmente, de *tags* RFID e as duas viaturas de recolha afetas ao PaP já se

encontram instrumentalizadas. Para todos os utilizadores que residem em habitações multifamiliares que dispõem de compartimento de resíduos e utilizam como forma de deposição dos resíduos, a solução mais viável será passarem para um sistema de deposição dos resíduos no contentor coletivo mais próximo presente na via pública, uma vez que não foi possível encontrar uma solução adequada e funcional para este caso. A alocação de contentores com sistema de identificação do utilizador por controlo de acesso mostrou-se inviável nestes casos devido à capacidade necessária (volume entre 800 e 1 000 L) e ausência de espaço para sua alocação. A solução de identificação do contentor, onde todos os utilizadores partilhariam o contentor de resíduos presente no compartimento foi também considerada inviável devido à dificuldade em estabelecer uma cobrança individual justa aos utilizadores (tal como previamente referido).

Posto isto, os utilizadores domésticos e não domésticos que utilizam como meio de deposição de resíduos os contentores de proximidade presentes na via pública, a alternativa considerada será pela identificação do utilizador através de um cartão de acesso ao equipamento e os resíduos depositados serão quantificados segundo o volume máximo do tambor volumétrico do equipamento por cada deposição. Para a adaptação ao sistema PAYT, é necessário adaptar os equipamentos atuais com tecnologia de identificação do utilizador através de cartão de acesso e adaptação das tampas dos equipamentos com um tambor com um volume fixo. O sistema de controlo de acesso possibilita o registo dos dados do utilizador (ID, data e hora) e posteriormente a transferência para a base de dados para serem geridos em *backoffice*, não havendo a necessidade de instrumentalizar as viaturas de recolha. Uma vez que estes contentores são utilizados por utilizadores domésticos e não domésticos, os cartões de acesso terão de permitir essa diferenciação entre os dois tipos de utilizadores, através do ID do cartão e posteriormente gerido no *software*, dado que a faturação será diferente.

Para todas as alternativas PAYT expostas acima, é necessário o desenvolvimento de um *software* de base de dados para recolha e tratamento da informação de identificação do utilizador ou contentor e registo da utilização e volume depositado para proceder à faturação.

No caso dos utilizadores não domésticos considerados como "Grandes Produtores" não será estudada uma solução de adaptação a um sistema PAYT, pois o sistema atual já se encontra desassociado do consumo de água sendo faturado o serviço de acordo com a quantidade de resíduos recolhidos.

3.3.2 Dificuldades previstas e respetivas medidas de mitigação

É possível prever algumas dificuldades e constrangimentos na implementação de um sistema PAYT tendo em conta as especificidades do atual sistema de gestão, a perceção que existe sobre a resistência dos munícipes à mudança, bem como do conhecimento da gestão financeira do serviço.

No Município do Porto prevê-se que a maior dificuldade será a dificuldade financeira para concretização do investimento inicial. Esta poderá ser mitigada com recurso a financiamento externo, como por exemplo financiamento através de concursos destinados ao apoio de projetos com vista à implementação do PAYT em Portugal. Um desses exemplos é o Programa Operacional Sustentabilidade e Eficiência no Uso dos Recursos (PO SEUR) que consiste num instrumento de financiamento importante para a concretização das metas do PERSU 2020 e que prevê o apoio a operações de implementação de sistemas PAYT.

No que diz respeito à adaptação física e implementação prática do sistema, antevê-se dificuldade na implementação em locais onde uma boa acessibilidade aos equipamentos de deposição não está garantida no atual sistema, como por exemplo em ruas estreitas do centro histórico do Porto, onde não é possível e não há condições de colocar equipamentos e/ou as viaturas de recolha não tem a capacidade de realizar a recolha. Esperam-se também dificuldades em encontrar soluções no mercado para a adaptação dos equipamentos atuais para o funcionamento do sistema PAYT ou novos equipamentos específicos para o sistema. Existe também a possibilidade de ocorrerem problemas de mau funcionamento dos equipamentos que necessitem de tecnologia não testada no Município tais como, novos equipamentos ou soluções de adaptação e sistemas de acesso com cartão. Para mitigar estas dificuldades, estes equipamentos deverão passar por uma fase de testes/experimentação e análise de fiabilidade da sua operação.

Os aspetos comportamentais dos cidadãos na mudança para um sistema novo são cruciais sendo premente identificar previamente potenciais dificuldades e definir medidas mitigadoras. Prevê-se em termos comportamentais o aumento da deposição ilegal dos resíduos na via pública e a migração dos resíduos para zonas ou Municípios não abrangidos pelo PAYT. Esta situação pode ser mitigada pelo reforço da fiscalização, envio de cartas aos prevaricadores identificados e, se necessário, a aplicação de coimas. Prevê-se também a deposição de resíduos indiferenciados juntamente com os resíduos recicláveis. Para mitigar esta situação, no caso da recolha

PaP, propõe-se primeiramente avisar e sensibilizar e posteriormente não proceder à recolha de contentores não conformes; no caso da recolha nos contentores coletivos na via pública este problema é mais difícil de mitigar, no entanto, é necessário o reforço da fiscalização e monitorização de todos os contentores assim como poderá ser uma solução a colocação de sistemas de acesso nos equipamentos usados para a deposição de recicláveis. A identificação de comportamentos errados pelos utilizadores pode também ser realizada através da análise dos registos dos sistemas. Sendo identificadas situações anómalas deverá ser feito um reforço na sensibilização e na fiscalização. Outra dificuldade comportamental que se pode encontrar é a excessiva compactação dos resíduos nos contentores ou sacos levando à sua rutura ou transbordo. Esta situação poderá ser mitigada pela disponibilização de sacos mais resistentes no primeiro caso e no segundo, gerar um alerta e/ou informar sobre a possibilidade de utilizar um contentor de maior capacidade. Por último, é possível ocorrer a descarga de restos orgânicos alimentares na rede de águas residuais sendo que esta situação poderá ser mitigada através da sensibilização pública relativamente aos potenciais perigos de tais ações.

3.4 Restruturação do sistema de gestão

Perante as características do sistema PAYT, é obrigatório desenvolver um método de faturação e que este seja transparente, justo e que assegure a sustentabilidade económica. Ou seja, este deve cobrir todos os custos do sistema tais como os custos necessários à implementação e os custos de exploração. O presente subcapítulo dedica-se a essa avaliação, com vista a determinar ou estimar os reais custos que a implementação e a exploração (com base na situação atual) de um sistema PAYT implicam.

3.4.1 Análise dos custos de implementação

O sistema PAYT implica um investimento inicial de implementação que compreende todos os custos de adaptação do sistema atual. Neste caso, através da aquisição de tecnologia física necessária para os equipamentos de deposição e tecnologia de informação que sustente toda a informação dos utilizadores e registos das deposições realizadas para proceder à faturação. Tendo em conta as alternativas propostas para o novo sistema a implementar no Município do Porto descritas na

secção 3.3.1 e expostas na Tabela C.2 (Anexo C) de seguida analisar-se-ão os custos associados às diferentes soluções.

Uma vez que este estudo incide sobre a fração indiferenciada, apenas serão estudadas as adaptações necessárias aos equipamentos que suportam a recolha indiferenciada, a fim de desenvolver um novo sistema tarifário. Assim, pressupõe-se que a gestão das frações recolhidas seletivamente não será alterada de forma significativa e considera-se que o funcionamento do sistema de gestão atual para essas frações se mantém.

Para analisar a adaptação dos equipamentos atualmente instalados foi necessário entrar em contacto com empresas fornecedoras de equipamentos de deposição, por forma a avaliar a viabilidade de adaptação e respetivos custos. As empresas contactadas foram: a Lasso, a Solim, Lda e a Formato Verde Waste Solutions. A escolha das empresas contactadas justifica-se por serem as empresas fornecedoras do Município. Não foi, contudo, possível obter todas as respostas pretendidas por parte da empresa Formato Verde Waste Solutions até ao momento da entrega da dissertação. Por esta razão, parte da informação apresentada no estudo relativamente a esta solução foi baseada em informação cedida pela Porto Ambiente assim como a que se apresenta no website da empresa.

O Município do Porto dispunha, em dezembro de 2020, e no que diz respeito à fração indiferenciada, de 4 045 equipamentos de deposição de superfície, entre eles 3 966 contentores PEAD e 79 *Clip Bin*; 787 equipamentos de deposição semi-enterrados/enterrados, dentro dos quais 509 semi-enterrados do tipo *Molok* e 278 enterrados do tipo *Citytainer*.

Quanto aos equipamentos de superfície PEAD existentes, e uma vez que não foi possível encontrar uma solução viável e prática para a sua adaptação, considerou-se a substituição destes equipamentos por novos. Desta forma, considerou-se a aquisição de 3 974 equipamentos do modelo *Back Bin*, sendo 3 966 para substituição dos contentores PEAD e 8 para fornecer aos utilizadores de habitações multifamiliares com compartimento de resíduos, tendo por base a situação atual. A solução apresentada é da empresa Formato Verde Waste Solutions, com a tecnologia e a funcionalidade necessária para o funcionamento de um sistema PAYT. Isto é, tampa com tambor de volume fixo conhecido e sistema de acesso ao contentor pela leitura do cartão de acesso RFID. A escolha do modelo *Back Bin*, prendeu-se por dois fatores:

- O modelo *Back Bin* possui o mesmo método de recolha dos equipamentos do modelo *PEAD*, ou seja, recolha por carga traseira e desta forma, não é necessário alterar o sistema de recolha atual;
- A sua aquisição vai de encontro à atual estratégia de manutenção e atualização por parte da empresa, que tem vindo a adquirir equipamentos do modelo *Back Bin/Clip Bin*.

Para os equipamentos *Clip Bin* existentes no Município foi considerada a sua adaptação. Será assim necessária a adaptação da tampa para incluir um tambor de volume fixo e com sistema de abertura através de cartão de acesso RFID. Para a adaptação, foi considerada a solução da empresa consultada Formato Verde Waste Solutions. No entanto, de referir, que os custos da adaptação não foram indicados diretamente pela empresa, tendo sido utilizados custos estimados de orçamentos fornecidos pela Porto Ambiente relativamente ao modelo *Clip Bin* e *Back Bin* onde o volume fixo do tambor não é considerado.

No que diz respeito aos equipamentos semienterrados, *Molok*, a solução de adaptação considerada passa pela alteração da tampa por um tambor volumétrico com um volume fixo de 90 litros e um sistema de abertura com cartão de acesso. A solução neste estudo foi a fornecida pela empresa Sopsa Eco Innovations, SA.

Quanto aos equipamentos enterrados do modelo *Citytainer*, a adaptação considerada passa pela alteração da tampa do marco de deposição por uma tampa com tambor volumétrico com um volume fixo de 90 litros e sistema de abertura com cartão de acesso RFID. A solução considerada foi a disponibilizada também pela empresa Sopsa Eco Innovations, SA.

Para o acesso aos equipamentos de deposição será considerada a aquisição de cartões de acesso com sistema RFID por parte da empresa Formato Verde Waste Solutions para todos os utilizadores do serviço, com exceção dos utilizadores domésticos com o sistema de recolha porta-a-porta residencial, uma vez que a alternativa PAYT é diferente, ou seja, para 146 073 utilizadores. Os custos considerados foram cedidos pela Porto Ambiente, como resultado de ser um sistema já utilizado no Município.

Em relação ao custo de implementação da tecnologia necessária para a leitura, recolha, armazenamento e processamento da informação dos equipamentos recolhidos para posterior faturação, bem como do *software* para tratamento da informação, foi utilizada a informação cedida pela empresa Solim, Lda. Os resultados da consulta a esta empresa resultam de considerar a aquisição da plataforma de gestão *Mawis* U2.0.

Esta plataforma é um *software* que integra as ferramentas necessárias para a aquisição, transmissão e processamento de dados, e que permite otimizar os processos na área dos serviços urbanos. Os custos considerados neste estudo estão discriminados na Tabela 3.7.

Para o cálculo do investimento foram considerados os custos desde a adaptação/aquisição de equipamentos até à aquisição de *software* de base de dados, tendo sido considerado o tempo de vida útil de 7 anos de todo o investimento. Este tempo de vida tem por base o histórico da Porto Ambiente, a experiência no setor, e o Cadastro e inventário dos bens do Estado (CIBE) (Portaria n.º 671/2000 2.ª série) onde, conforme as taxas de amortização anuais se previa um período de 8 anos. Contudo, entendeu-se ser mais adequado os 7 anos sugeridos pela empresa, com base no habitual período de substituição dos equipamentos e o tempo esperado até que a tecnologia implementada se torne obsoleta. Importa referir que é expectável que nem todos os itens descritos (Tabela 3.7) tenham que ser obrigatoriamente adquiridos/adaptados, o que vai depender das condições em que se encontram no final dos 7 anos e/ou no caso de existirem novas tecnologias, e consequentemente, os custos serão distintos dos apresentados, como por exemplo, é expectável que não seja necessário a compra de novos equipamentos, mas sim a adaptação da tampa por uma nova. Deste forma, neste estudo foi possível calcular os custos do investimento inicial para a implementação ao longo dos 7 anos de vida útil considerados e que estão apresentados de seguida (Tabela 3.7) e que podem ser também uma base para períodos subsequentes de investimento:

Tabela 3.7: Itens necessários para implementação de um sistema PAYT e respetivos custos de investimento tendo por base o inventário de equipamentos de deposição e sistemas de recolha da Porto Ambiente em 2020

Item	Descrição	Nº	Custo Unitário (€)	Custo total (€)	€/ano	€/mês
Contentores semienterrados do tipo Molok	Fornecimento e instalação de tampa modular com tambor duplo, incluindo tranca eletromecânica [1]	509	1.375,00	699 875	99 982,14	8 331,85
	Fornecimento e instalação de Sistema de controlo de acesso [1]		900,00	458 100	65 442,86	5 453,57

Tabela 3.7: Itens necessários para implementação de um sistema PAYT e respetivos custos de investimento tendo por base o inventário de equipamentos de deposição e sistemas de recolha da Porto Ambiente em 2020 (continuação)

Item	Descrição	Nº	Custo Unitário (€)	Custo total (€)	€/ano	€/mês
Contentores enterrados do tipo Citytainer	Fornecimento e instalação de tampa modular com tambor duplo, incluindo tranca eletromecânica para marco de deposição [1]	278	900	250 200	35 742,86	2 978,57
	Fornecimento e instalação de Sistema de controlo de acesso [1]		900	250 200	35 742,86	2 978,57
Contentores Clip Bin	Adaptação do contentor: fornecimento e instalação de tampa modular com tambor duplo, incluindo tranca eletromecânica [3]	79	300	23 700	3 385,71	282,14
	Fornecimento e instalação de Sistema de controlo de acesso [3]		300	23 700	3 385,71	282,14
Contentores Back Bin	Aquisição de contentores com sistema de controlo de acesso e tambor volumétrico [3]	3974	900	3 576 600	510 942,86	42 578,57
Cartão de acesso para abertura do contentor	Fornecimento de cartão RFID [3]	146073	1,62	236 638,26	33 805,47	2 817,12
Software	Preço para a Configuração e Parametrização do Projeto (Mawis 2.0) [2]	1	7 692,31	7 692,31	1 098,90	91,58
	Mensalidade Utilizador de Edição [2]	1	50	50	600	50
			TOTAL	5 526 755,57	789 536,51	65 794,71

Nota: Os custos apresentados não incluem IVA à taxa legal em vigor, transporte e trabalhos de instalação.

[1]: Valores fornecidos pela empresa Sopsa Eco Innovations, AS.

[2]: Valores fornecidos pela empresa Solim, Lda.

[3]: Valores estimados baseados em valores previamente obtidos pela Porto Ambiente.

De notar que não foram contabilizados custos de substituição/reparação como resultado de possíveis roubos e/ou atos de vandalismos.

Para o sucesso da implementação de um sistema PAYT é crucial a sensibilização e comunicação aos munícipes e deste modo, estimou-se o custo total para campanhas de comunicação e sensibilização de 211 008,34 euros com duração de 12 meses tendo por base a média dos valores de seis orçamentos para uma campanha de sensibilização/comunicação, anteriormente solicitados pela Porto Ambiente para o desenvolvimento de outro projeto, sendo que, para o presente estudo, este custo total será repartido pelos 7 anos. Os elementos levados em consideração para a execução da campanha consistiram na aquisição de 148 000 folhetos (5 920,00 €), na colocação de Mupis publicitários (16 375,00 €), na colocação de 40 a 50 cartazes (729,87 €), na partilha nas redes sociais e plataformas digitais (17 798,40 €), no desenvolvimento de um micro site especifico com informação do PAYT (1 939,65 €), na produção de vídeos explicativos do sistema PAYT (7 881,25 €), na decoração de viaturas e contentores de proximidade (26 292,10 €) e nos custos com recursos humanos onde se inclui a equipa de gestão e os técnicos de sensibilização (138 242,07 €). Pressupõem-se que este valor será um custo fixo que irá se manter, embora não seja este aspeto em concreto o alvo do estudo.

Como resultado, o custo total de investimento para a implementação e funcionamento do PAYT é de 5 737 763,91 € considerando um tempo de vida de 7 anos, ou seja, de 819 680,56 €/ano, o que corresponde a 68 306,71 €/mês. De sublinhar que os valores apresentados não tiveram em conta os juros e a taxa de inflação. Embora este investimento tenha que ser mantido após os 7 anos para o contínuo funcionamento do sistema, perspetiva-se que o custo do investimento necessário para o sistema PAYT a longo prazo diminuirá. Estes custos da implementação do PAYT representam um valor que terá de ser imputado na fatura a todos os utilizadores do serviço.

3.4.2 Análise dos custos de exploração

Os custos de exploração do serviço de gestão de resíduos são outro fator que é necessário ter em conta ao avaliar a implementação de um sistema PAYT. Estes compreendem os custos com a recolha de resíduos e operação das viaturas de recolha (combustível, recursos humanos e manutenção das viaturas) e os custos gerais do serviço (água, eletricidade, limpeza e renda das instalações, entre outros). Os valores expostos de seguida resultam de informação cedida pela Porto Ambiente e de

informação disponível no Relatório & Contas do ano de 2020 publicado pela empresa, tendo-se considerado que os gastos com a exploração do serviço de gestão não se alterariam com a implementação. Assim sendo, a componente dos gastos com os recursos humanos, e tendo em consideração que se mantêm os atuais 352 trabalhadores, obtém-se um valor de gastos de 6 728 880,95 €/ano. Em termos dos custos com as viaturas de recolha e considerando que se mantém o mesmo número de circuitos e frequência de recolha, os custos de combustível serão aproximadamente de 1 039 562,62 €/ano, os custos da manutenção das viaturas de 874 702,10 €/ano e o custo relativo ao aluguer de viaturas de 920 570,66 €/ano. Assim, e adicionando os custos extras gerais do serviço (1 811 399,04 €/ano), os gastos totais da exploração do serviço de gestão são de 11 375 115,37 €/ano [54]. Importa referir que nos custos de exploração do serviço, não foram considerados os montantes relativos ao custo de subcontratos, da imparidade de dívidas a receber (perdas/reversões) e gastos/reversões de depreciação e de amortização.

3.4.3 Novo sistema tarifário

A implementação do sistema PAYT impõe necessariamente alterações do sistema tarifário aplicado. O artigo 18.º da Deliberação n.º 928/2014, segundo o qual o conselho diretivo da Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos aprova o Regulamento Tarifário do serviço de gestão de resíduos urbanos descreve em termos de estrutura tarifária que "pela prestação dos serviços aos utilizadores finais domésticos e não-domésticos é aplicável, em cada sistema: A tarifa de disponibilidade, expressa em euros por cada trinta dias e a tarifa variável, em função do nível de utilização do serviço, expressa em euros por unidade de medida." Ou seja, uma tarifa do tipo multicomponente composta por uma tarifa fixa e uma tarifa variável [55].

Assim e no sentido de proceder à elaboração de um novo sistema tarifário do tipo PAYT, foram consideradas as recomendações da ERSAR. O tarifário para o sistema PAYT descrito anteriormente, sendo do tipo multicomponente, incorporará três parcelas, como mostra a Equação 1:

$$\textbf{Tarifa de Serviço de Gestão de Resíduos} = \text{Tarifa fixa} + \text{Tarifa variável} + \text{TGR} \quad (1)$$

Onde a parcela da tarifa fixa corresponderá à tarifa de disponibilidade do serviço, com o intuito de cobrir os custos fixos do serviço de gestão de resíduos de forma

equitativa pelos utilizadores. Na sua determinação teve-se em consideração uma recomendação da ERSAR, que indica que esta tarifa para os utilizadores domésticos deverá estar no intervalo entre 1,50 €/ 30 dias e 4,50 €/30 dias e para os utilizadores não domésticos deverá ser superior à dos utilizadores domésticos [56].

Para o cálculo, foi necessário considerar o custo de investimento da implementação do sistema PAYT e o custo de exploração do sistema anteriormente discriminados assim como o número de utilizadores domésticos e não domésticos do serviço de gestão de resíduos do Município do Porto e um fator de ponderação relativo à tarifa de disponibilidade para os utilizadores domésticos e não domésticos. No sistema tarifário atual os utilizadores domésticos e não doméstico possuem um encargo de 2,0109 €/30 dias e 13,2788 €/30 dias, respetivamente. Uma vez que não foi possível aceder à informação que serviu de base para o cálculo da tarifa fixa atual e que justificasse em termos económicos e financeiros a diferença das tarifas fixas dos utilizadores domésticos e não domésticos, foi considerado um fator de ponderação distinto para cada um dos dois tipos de utilizadores do serviço resultado de uma proporção indicada pela Porto Ambiente como sendo ajustada à realidade atual para o estudo. Assim, para os utilizadores domésticos considerou-se um "peso" de 1/3 dos custos exploração e do custo de investimento e para os utilizadores não domésticos um "peso" de 2/3 desses custos.

No sentido de verificar o impacte que os custos de investimento com a implementação de um sistema PAYT teria no Município, foram considerados dois cenários. O "Cenário 1", onde os custos de investimento são suportados na totalidade pela entidade gestora e o "Cenário 2", onde se considera um financiamento externo do investimento, ou seja, só os custos de exploração do serviço serão contabilizados no cálculo da tarifa de disponibilidade do Cenário 2. Entendeu-se ser relevante considerar estes cenários uma vez que o investimento é uma componente relevante, mas que para a qual é expectável que haja financiamento e também para se perceber, a relevância que isso pode ter na viabilidade de implementação do sistema.

Sendo assim, admitiu-se a Equação 2 para o "Cenário 1" e a Equação 3 para o "Cenário 2" assim como os valores da Tabela 3.8 para o cálculo da tarifa fixa:

$$Tarifa\ fixa = \frac{(Custo\ de\ investimento + Custo\ de\ exploração) \times fator\ de\ ponderação}{Nº\ de\ utilizadores} \quad (2)$$

$$Tarifa\ fixa = \frac{(Custo\ de\ exploração) \times fator\ de\ ponderação}{Nº\ de\ utilizadores} \quad (3)$$

Tabela 3.8: Dados auxiliares utilizados para o cálculo da tarifa fixa

Custo de Investimento (€/ano)	819 680,56
Custo de Exploração (€/ano)	11 375 115,37
Custos totais (€/ano)	12 194 795,93
Custos totais (€/mês)	1 016 232,99
Nº de utilizadores Domésticos	120 000
Nº de utilizadores Não Domésticos	28 000
Fator de ponderação dos utilizadores domésticos	1/3
Fator de ponderação dos utilizadores não domésticos	2/3

Cenário 1:

1. **Tarifa fixa (Utilizador Doméstico)** = 2,8229 €/30 $dias \approx$ 33,87 €/ano
2. **Tarifa fixa (Utilizador Não Doméstico)** = 24,1960 €/30 $dias \approx$ 290,35€/ ano

Cenário 2:

1. **Tarifa fixa (Utilizador Doméstico)** = 2,6331 €/30 $dias \approx$ 31,60 €/ano
2. **Tarifa fixa (Utilizador Não Doméstico)** = 22,5697 €/30 $dias \approx$ 270,84€/ ano

Verifica-se pelos dados apresentados na Tabela 3.8 que do total de custos previstos para um ano, o custo de exploração do serviço é o que apresenta o maior peso e que o custo de investimento corresponde a apenas cerca de 6,7 % do total de custos. Com a aplicação das fórmulas associadas aos cenários, verificou-se que a tarifa de disponibilidade dos utilizadores doméstico no novo sistema tarifário para o "Cenário 1" será de cerca 2,82 €/30 dias e para os utilizadores não domésticos de cerca de 24,20 €/30 dias. No "Cenário 2" a tarifa de disponibilidade tem um valor de cerca de 2,63 €/30 dias para os utilizadores domésticos e um valor de cerca de 22,57 €/30 dias para os utilizadores não domésticos. Constata-se que a tarifa de disponibilidade tanto no "Cenário 1", como no "Cenário 2" obedece à recomendação da ERSAR, estando incluída no intervalo de 1,50 a 4,50 €/30 dias para os utilizadores domésticos. No entanto, observa-se que a tarifa de disponibilidade calculada para os dois tipos de utilizadores é mais elevada quando comparada com o sistema tarifário atual. A título

de exemplo, no caso dos utilizadores domésticos a diferença para o "Cenário 1" corresponde a um aumento de cerca de 40 % relativamente ao valor da tarifa atual e para os utilizadores não domésticos verifica-se um aumento elevado de cerca de 82 % relativamente ao valor da tarifa atual. De sublinhar que à tarifa fixa acresce o valor da tarifa variável e TGR.

A tarifa variável corresponderá à tarifa que varia de acordo com o volume de resíduos indiferenciados produzidos (€/L) por cada utilizador e o respetivo custo de tratamento. A tarifa variável terá o mesmo valor quer para os utilizadores domésticos, quer para os utilizadores não domésticos de acordo com a Equação 4:

$$\boldsymbol{Tarifa\ vari\acute{a}vel}(€/\boldsymbol{L}) = \text{Produção de Resíduos (kg/L)} \times \text{fator de "vazio"} \times \text{Tarifa de Tratamento de Resíduos Sólidos (€/kg)} \quad (4)$$

Onde através da Equação 5 se determina a "Produção de Resíduos", considerando um valor fixo por saco depositado no contentor de proximidade ou por contentor colocado para recolha no caso do PaP e um número de deposições estimadas num período de 30 dias. Considera-se ainda que o resíduo indiferenciado tem em média uma massa volúmica de 331,67 kg/m^3, valor de referência estipulado pela Porto Ambiente [52].

$$\boldsymbol{Produ\text{ç}\tilde{a}o\ de\ Res\acute{i}duos}\ (\boldsymbol{kg}) = \text{Volume (saco ou contentor)(L)} \times \text{Massa Volúmica (kg/L)} \times \text{Nº de deposições} \quad (5)$$

Considera-se assim, para os utilizadores da recolha PaP residencial, que no contentor de 140 L que dispõem admite um valor de cerca de 46,43 kg de resíduos indiferenciados e nos contentores coletivos, considerando um volume máximo do tambor de 90 L, o valor de 29,85 kg de resíduos indiferenciados. O valor final obtido da produção de resíduos é corrigido através da multiplicação por um fator de "vazio" de 0,6, uma vez que a totalidade do contentor ou do saco nunca será preenchida. Este valor foi sugerido como sendo o valor mais apropriado para o estudo e em conformidade com a experiência e sensibilidade adquirida na Porto Ambiente das caracterizações realizadas. Porém, sendo este um valor pressuposto e podendo ter sido admitido outro valor, é importante destacar que é um fator que condicionará os cálculos seguintes e respetiva análise.

A parcela da "Tarifa de Tratamento de Resíduos Sólidos" é calculada de acordo com a tarifa de exploração que é de 41,90 €/t ao qual acresce o IVA à taxa legal em vigor de 6 %, o que resulta de um valor de 0,0444 €/kg.

A tarifa variável (€/L) relativa à Equação 4 por litro depositado é assim de 0,0088 €/L, de acordo com o cálculo seguinte:

$$\textbf{Tarifa variável} = 0{,}33167\ kg/L \times 0{,}6 \times 0{,}0444\ €/kg = 0{,}0088\ €/L$$

Por último, para o cálculo da parcela da TGR, que corresponde à repercussão do encargo suportado pela Entidade Gestora, e que será expresso por litro de resíduos produzidos, foi tida em consideração a TGR do ano de 2021 de 5,50 €/t. Em termos futuros, espera-se o aumento gradual do valor da TGR. Este valor foi igualmente corrigido pelo fator de "vazio" de 0,6 pelo mesmo motivo enunciado anteriormente e a este valor acresce o IVA à taxa legal em vigor de 6 %. Assim sendo, recorreu-se à expressão 6 para o cálculo da TGR em euros por litro de resíduos produzidos.

$$\begin{aligned} \boldsymbol{TGR}\ (€/\boldsymbol{L}) &= TGR(€/\text{kg}) \times \text{massa volúmica}(\text{kg/L}) \\ &\quad \times \text{fator de "vazio"} \times IVA \\ &= 0{,}0055 \times 0{,}33167 \times 0{,}6 \times 1{,}06 = 0{,}0012\ €/L \end{aligned} \qquad (6)$$

Após o cálculo das três parcelas da tarifa multicomponente (fixa, variável e TGR), foi possível chegar a fórmula de cálculo da nova Tarifa de Resíduos Urbanos (Equação 1), para cada tipologia de utilizador e em cada Cenário (1 e 2):

Cenário 1

1. $\textbf{Tarifa RU}\ (\textbf{Utilizador Doméstico}) = 2{,}8229\ €/30\ \text{dias} +$
   $(\text{x L}/30\ \text{dias} \times 0{,}0088\ €/\text{L}) + (\text{x L}/30dias \times 0{,}0012\ €/\text{L})$
2. $\textbf{Tarifa RU}\ (\textbf{Utilizador Não Doméstico}) = 24{,}1960\ €/30\ \text{dias} +$
   $(\text{x L}/30\ \text{dias} \times 0{,}0088\ €/\text{L}) + (\text{x}/L\ 30dias \times 0{,}0012\ €/\text{L})$

Cenário 2:

1. $\textbf{Tarifa RU}(\textbf{Utilizador Doméstico}) = 2{,}6331\ €/30\ \text{dias} +$
   $(\text{x L}/30\ \text{dias} \times 0{,}0088\ €/\text{L}) + (\text{x}/L\ 30dias \times 0{,}0012\ €/\text{L})$
2. $\textbf{Tarifa RU}\ (\textbf{Utilizador Doméstico}) = 22{,}5697\ €/30\ \text{dias} +$
   $(\text{x L}/30\ \text{dias} \times 0{,}0088\ €/\text{L}) + (\text{x}/L\ 30dias \times 0{,}0012\ €/\text{L})$

Uma vez formuladas as expressões para o cálculo da nova tarifa de resíduos urbanos do tipo PAYT para o Município do Porto, é possível estimar o custo que o munícipe pagaria de acordo com a sua produção de resíduos e consequente descarte de resíduos indiferenciados no período de 30 dias. Nas Tabela 3.9, Tabela 3.10, Tabela 3.11 e Tabela 3.12 encontram-se estimativas desses custos, com o objetivo de analisar e antever o que cada utilizador teria de pagar se o novo tarifário estivesse implementado.

As estimativas expostas são para um máximo de 4 deposições (560 L/mês) para os utilizadores domésticos do PaP residencial, uma vez que há o limite de recolha de uma vez por semana do contentor de 140 L de resíduos indiferenciados; e para um máximo de 6 deposições no caso dos utilizadores domésticos e não domésticos que utilizem o contentor de proximidade, o que corresponde a 540 L/mês. Embora não exista limite de deposições neste último caso, considera-se uma quantidade de resíduos razoável para uma habitação, tendo por base os resultados operacionais da recolha PaP.

Cenário 1

Na Tabela 3.9 estão indicadas as estimativas relativas aos utilizadores domésticos que possuem recolha PaP residencial, admitindo a recolha do contentor de 140 litros. Já na Tabela 3.10 encontram-se as estimativas relativas aos utilizadores domésticos e não domésticos que utilizam o método de deposição por proximidade, admitindo o volume fixo do tambor de deposição de 90 L.

Tabela 3.9: Resultados da simulação da tarifa de RU (€/30 dias) para os utilizadores domésticos da recolha PaP residencial com a implementação do sistema PAYT para o Cenário 1

Nº recolhas	**Volume recolhido (L)**	**€/30 dias**			
		Tarifa fixa	**Tarifa Variável**	**TGR**	**Tarifa RU**
0	0	2,8229	0	0	**2,82**
1	140		1,2320	0,1680	**4,22**
2	280		2,4640	0,3360	**5,62**
3	420		3,6960	0,5040	**7,02**
4	560		4,9280	0,6720	**8,42**

Tabela 3.10: Resultados da simulação da tarifa de RU (€/30 dias) para os utilizadores com o método de deposição por proximidade, com a implementação do sistema PAYT para o Cenário 1

Nº deposições	Volume depositado (L)	€/30 dias					
		Tarifa fixa Utilizador doméstico	Tarifa fixa Utilizador não-doméstico	Tarifa variável	TGR	Tarifa RU Utilizador Domésticos	Tarifa RU Utilizador não-Domésticos
0	0	2,8229	24,1960	0	0	**2,82**	**24,20**
1	90			0,7920	0,1080	**3,72**	**25,10**
2	180			1,5840	0,2160	**4,62**	**26,00**
3	270			2,3760	0,3240	**5,52**	**26,90**
4	360			3,1680	0,4320	**6,42**	**27,80**
5	450			3,9600	0,5400	**7,32**	**28,70**
6	540			4,7520	0,6480	**8,22**	**29,60**

Cenário 2

No Cenário 2 aplicou-se o mesmo princípio que no Cenário 1, sendo que a Tabela 3.11 diz respeito aos utilizadores domésticos que possuem recolha porta-a-porta residencial, enquanto a Tabela 3.12 respeita aos utilizadores domésticos e não domésticos que utilizam o método de deposição por proximidade.

Tabela 3.11: Resultados da simulação da tarifa de RU (€/30 dias) para os utilizadores domésticos da recolha PaP residencial com a implementação do sistema PAYT para o Cenário 2.

Nº recolhas	Volume recolhido (L)	€/30 dias			
		Tarifa fixa	Tarifa Variável	TGR	Tarifa RU
0	0	2,6331	0	0	**2,63**
1	140		1,2320	0,1680	**4,03**
2	280		2,4640	0,3360	**5,43**
3	420		3,6960	0,5040	**6,83**
4	560		4,9280	0,6720	**8,23**

Tabela 3.12: Resultados da simulação da tarifa de RU (€/30 dias) para os utilizadores com o método de deposição por proximidade, com a implementação do sistema PAYT para o Cenário 2

Nº deposições	**Volume depositado (L)**	**€/30 dias**					
		Tarifa fixa Utilizador doméstico	**Tarifa fixa Utilizador não-doméstico**	**Tarifa variável**	**TGR**	**Tarifa RU Utilizador Domésticos**	**Tarifa RU Utilizador não-Domésticos**
0	0	2,6331	22,5697	0	0	**2,63**	**22,57**
1	90			0,7920	0,1080	**3,53**	**23,47**
2	180			1,5840	0,2160	**4,43**	**24,37**
3	270			2,3760	0,3240	**5,33**	**25,27**
4	360			3,1680	0,4320	**6,23**	**26,17**
5	450			3,9600	0,5400	**7,13**	**27,07**
6	540			4,7520	0,6480	**8,03**	**27,97**

Pela análise das Tabela 3.9 e Tabela 3.11, correspondentes ao cálculo da Tarifa de RU estimada para os utilizadores que possuam a recolha PaP residencial, e sabendo que neste sistema de recolha é possível colocar à recolha o contentor de 140 litros uma vez por semana e por isso no máximo só poderá haver 4 recolhas num período de 30 dias, verifica-se que um utilizador pagaria mensalmente no máximo 8,42 euros no Cenário 1 e 8,23 euros no Cenário 2. No que diz respeito aos utilizadores que possuam o método de deposição de proximidade (Tabela 3.10 e Tabela 3.12), e uma vez que não serão consideradas restrições ao número de deposições realizadas não é possível depreender o valor máximo a pagar. No entanto, considerando a capitação diária de resíduos do ano de 2020 que foi de 1,66 kg/(hab.dia), a percentagem de resíduos indiferenciados recolhidos no ano de 2020 que foi de 78,82 % do total recolhido, o que resulta uma produção de 1,31 kg/(hab.dia) de resíduos indiferenciados, a média de indivíduos por habitação no Município que é de 2,32 indivíduos e a massa volúmica dos resíduos indiferenciados (0,33167 kg/L), é possível deduzir que em média se um habitante produz 3,95 L num dia e em média se produz 9,16 L por dia numa habitação ou seja cerca de 274,80 L de resíduos indiferenciados em 30 dias.

Os exemplos a seguir pretendem demonstrar o raciocínio por detrás da dedução exposta:

- Produção Diária de Resíduos Indiferenciados = 1,66 kg/(hab.dia) × 78,82 % = 1,31 kg/(hab.dia)
- Produção Diária de Resíduos Indiferenciados $= \frac{1{,}31\ kg/(\text{hab.dia})}{0{,}33167\ kg/L}$ = 3,95 L/(hab.dia)
- Produção média por habitação = 2,32 habitantes × 3,95 L/(hab.dia) = 9,16 L(habitação.dia) = 274,80 L/(habitação.30dias)

Tendo conta este pressuposto e a correção do volume de vazio dos contentores e sacos que foi tido em consideração neste estudo, ou seja, um fator de "vazio" de 0,6 foi possível deduzir que, em caso de exemplo, em média uma habitação abrangida pelo PaP residencial ao colocar o contentor de 140 L à recolha quatro vezes em 30 dias, o que corresponde a 560 L absolutos, equivalente a 336 L após a correção (mais 61,2 L que a média calculada) pagaria de tarifa de RU, 8,42 € no Cenário 1 e 8,23 € no Cenário 2.

Pela análise dos valores enunciados acima e sabendo que atualmente a tarifa de RU em média mensalmente por habitação no Município do Porto para um utilizador doméstico é de 6,23 € como se verificou anteriormente na secção 3.2.3, podemos verificar que os valores médios obtidos associados à produção de resíduos indiferenciados no novo sistema tarifário PAYT não seriam exageradamente díspares do valor cobrado atualmente, estando os valores em média entre 7,02 € e 8,42 € no Cenário 1 e entre 6,83 € e 8,23 € no Cenário 2, o que corresponde no pior cenário, a um aumento de 2,27 € (cerca de 35 %) do valor médio pago atualmente.

Contudo, é importante ressalvar que com a implementação da recolha seletiva dos resíduos orgânicos que está a decorrer no sentido de abranger os utilizadores domésticos que utilizam a deposição coletiva, espera-se uma redução relevante na fração depositada de resíduos indiferenciados, uma vez que uma percentagem significativa de resíduos indiferenciados são resíduos orgânicos e esta será alvo de separação. Tal poderá levar a que os utilizadores paguem menos que os valores apresentados anteriormente da tarifa de RU com o novo sistema tarifário PAYT.

3.5 Análise e comparação crítica do sistema atual com o sistema PAYT proposto

Depois de calcular a Tarifa de RU de acordo com a proposta para o novo sistema tarifário PAYT, é fundamental comparar os resultados obtidos com o sistema tarifário atual vigente no Município do Porto.

O atual tarifário do Município, apresentado na secção 3.2.3, assenta numa tarifa fixa e numa tarifa variável, esta última, indexada ao consumo da água. Em virtude de ausência de valores médios do consumo de água segundo o número de agregado familiar, apresentam-se os valores da Tabela 3.13 que consideram uma linearidade que se sabe que pode não ser totalmente representativa da realidade (não existindo relação proporcional direta e dependendo de um conjunto diverso de fatores como a tipologia e características da habitação e os hábitos de consumo); contudo, na ausência de referências mais adequadas foi usada como base para estimar o consumo por habitante. Para chegar aos valores apresentados, através de dados fornecidos pela Porto Ambiente, sabe-se que o consumo médio mensal de água por habitação no Município é de 10 m^3. Considerando a média de pessoas por habitação no Município de 2,32 pessoas (Dados Censos 2011), deduz-se que um habitante do Porto consome, em média, 4,31 m^3/mês.

A Tabela 3.13 apresenta valores estimados do consumo médio de água, de acordo com o número de pessoas por habitação, e do valor que pagam no sistema tarifário de resíduos atual.

Tabela 3.13: Valores estimados do consumo de água por munícipe e respetiva tarifa atual de resíduos, de acordo com a indexação ao consumo da água, mensal

Nº de pessoas por habitação	**Consumo médio de água (m^3)**	**Tarifa RU (€/mês)**
1	4,31	3,83
2	8,62	5,65
3	12,93	7,47
4	17,24	9,29
5	21,55	11,11
6	25,86	12,93

Tabela 3.14: Análise entre o tarifário atual e o tarifário PAYT considerando o número de recolhas/deposições que os utilizadores poderiam fazer, de forma a não pagar mais no novo sistema tarifário PAYT, o valor adicional que teriam de pagar por mais uma recolha/deposição ou o valor que poupariam (se aplicável) , para o Cenário 1 (considerando o custo do investimento)

		Novo Sistema Tarifário PAYT			
Nº de pessoas por habitação	**Tarifa RU atual (€/mês)**	**Recolha PaP**		**Recolha Coletiva**	
		Nº recolhas sem custos adicionais	**Custo adicional (€)/Poupança (€) (*)**	**Nº de deposições sem custos adicionais**	**Custo de deposição adicional (€)**
1	3,83	0	0,39	1	0,79
2	5,65	2	1,37	3	0,77
3	7,47	3	0,95	5	0,75
4	9,29	4	0,87 *	7	0,73
5	11,11	4	2,69 *	9	0,71
6	12,93	4	4,51 *	11	0,69

Tabela 3.15: Análise entre o tarifário atual e o tarifário PAYT considerando o número de recolhas/deposições que os utilizadores poderiam fazer, de forma a não pagar mais no novo sistema tarifário PAYT, o valor adicional que teriam de pagar por mais uma recolha/deposição ou o valor que poupariam (se aplicável) , para o Cenário 2 (não considerando o custo do investimento)

		Novo Sistema Tarifário PAYT			
Nº de pessoas por habitação	**Tarifa RU atual (€/mês)**	**Recolha PaP**		**Recolha Coletiva**	
		Nº recolhas sem custos adicionais	**Custo adicional (€)/Poupança (€) (*)**	**Nº de deposições sem custos adicionais**	**Custo de deposição adicional (€)**
1	3,83	0	0,20	1	0,60
2	5,65	2	1,18	3	0,58
3	7,47	3	0,76	5	0,56
4	9,29	4	1,06 *	7	0,54
5	11,11	4	2,88 *	9	0,52
6	12,93	4	4,70 *	11	0,50

As Tabela 3.14 e Tabela 3.15 pretendem facilitar a análise e comparação entre tarifários, através da correspondência entre o valor a pagar na tarifa atual, considerando o número de habitantes por habitação, e o número de potenciais recolhas/deposições para o sistema proposto. Assim, na Tabela 3.14 é realizada esta análise considerando

o Cenário 1 e na Tabela 3.15 considerando o Cenário 2 com o propósito de perceber quantas vezes os utilizadores poderiam colocar para recolha do saco/contentor, de forma a não pagarem mais do que no novo sistema proposto PAYT e qual o valor adicional que teriam de pagar por uma deposição/recolha adicional ou o valor que poupariam.

Pela análise aos valores estimados da Tarifa de RU da Tabela 3.13 e os dados da Tabela 3.14 e Tabela 3.15, verifica-se que uma habitação com 1 pessoa que pague em média por mês 3,83 € de tarifa de resíduos, o que comparando com o novo sistema nos dois cenários, só seria possível se o utilizador não produzisse resíduos indiferenciados no caso do PaP e depositasse 1 saco de 90 L num mês no caso da deposição coletiva por proximidade.

No caso do PaP, uma família com 4 ou mais pessoas por habitação, segundo os valores apresentados, poderá colocar todas as semanas o contentor de 140 L para recolha que pagará menos do que no atual sistema tarifário. Este aspeto é relevante e poderá ser um fator de aceitação ao novo sistema. No entanto, uma habitação com 2 pessoas, teria de colocar à recolha o contentor 2 vezes num mês (Cenário 1 ou Cenário 2) para não pagar mais do que no sistema atual. Ainda assim, este fator poderá ser favorável, uma vez que um dos propósitos do sistema PAYT é o incentivo à redução da produção de resíduos indiferenciados e aumento das taxas de reciclagem, que poderá ser atingido através do custo imputado ao utilizador na tarifa de RU. Por outro lado, no caso do método de deposição por proximidade, verifica-se que uma habitação com 4 pessoas pode colocar 7 vezes (Cenário 1 e 2) o saco de 90 L num mês (correspondente a 540 L) e pagar menos do que no atual sistema tarifário.

No que diz respeito aos utilizadores não domésticos, e sendo que o consumo de água depende muito do tipo de atividade, a comparação com um novo sistema indexado à produção de resíduos é complexa, pela ausência de informação do consumo dos utilizadores não domésticos. A Figura 3.2 pretende demonstrar a evolução da tarifa de RU atual indexada ao consumo de água e a tarifa de RU proposta indexada à produção de resíduos.

Constata-se na Figura 3.2 a notória diferença que o peso da Tarifa de RU para os utilizadores não domésticos tem relativamente ao dos utilizadores domésticos como já anteriormente se tinha verificado e como resultado do fator de ponderação atribuído. Assim, o utilizador não doméstico em qualquer um dos dois cenários, pagará sempre mais no novo sistema tarifário, ainda que produza o mínimo de resíduos possível. Estes valores são explicados pela tarifa fixa/disponibilidade calculada para o novo sistema

tarifário, que é superior à atual tarifa de fixa/disponibilidade dos utilizadores não domésticos, com valores superiores de aproximadamente 11 € no Cenário 1 e de 9 € no Cenário 2, o que corresponde a um aumento de 82 % e a 70 %, respetivamente.

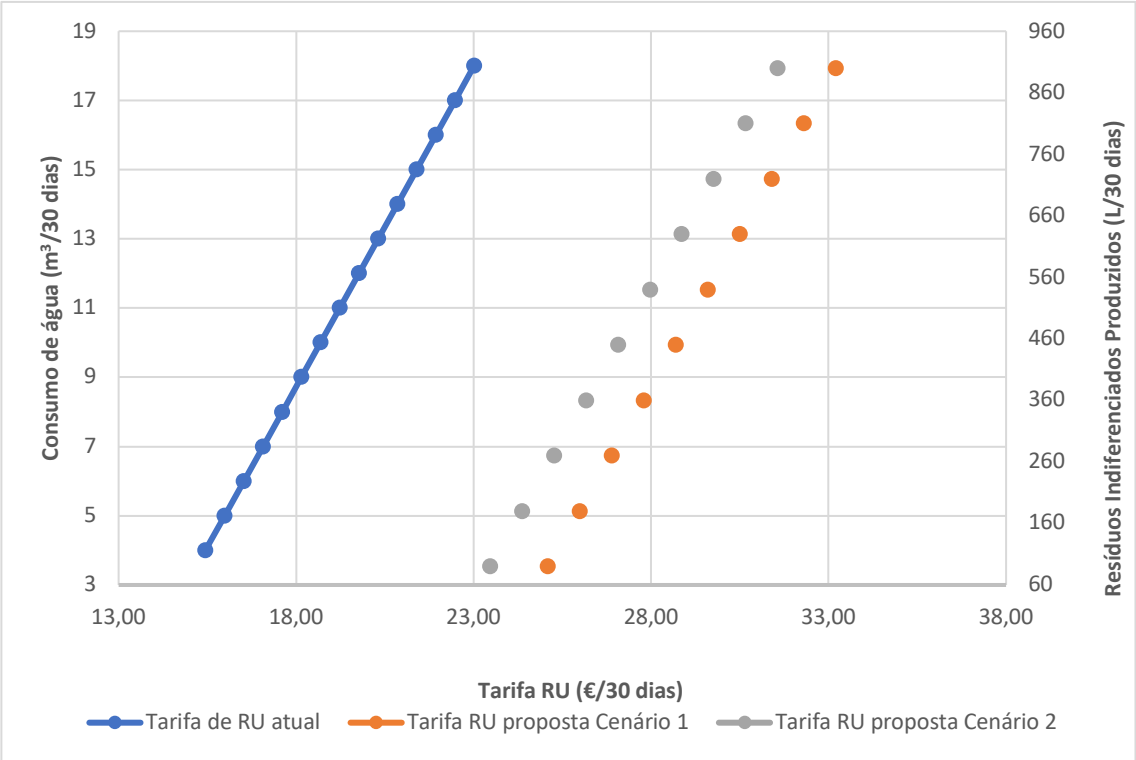


Figura 3.2: Tarifa de RU atual vs Tarifa de RU proposta para o Cenário 1 (considerando que não há financiamento) vs Tarifa de RU proposta para o Cenário 2 (considerando que há financiamento).

É importante, contudo ressalvar que o sistema tarifário de resíduos do Porto é o mais económico dos 8 Municípios integrantes da LIPOR, o que poderá dificultar a transição e criar resistência a um novo sistema tarifário principalmente com o aumento da tarifa que se verifica ser relevante para os utilizadores não domésticos.

Há um conjunto diverso de pressupostos que condicionam os resultados finais e que, embora tenham sido considerados os mais adequados perante a situação e conhecimento atual para um estudo de análise prévia, é preciso ponderar futuramente, entre os quais: o investimento repartido por 7 anos, o fator de "vazio" (de 0,6), o fator de ponderação (2/3 para os utilizadores não domésticos e 1/3 para os utilizadores domésticos) e a manutenção dos custos de exploração.

Neste momento, e perante a análise realizada e respetiva distribuição de custos, a alteração para um sistema PAYT poderá levar a um aumento da tarifa de RU para os

utilizadores domésticos e levará a um aumento expressivo no caso dos utilizadores não domésticos. Verifica-se que o custo de exploração do serviço de gestão de resíduos apresenta o maior encargo em termos de custos à entidade gestora em comparação com o custo de investimento na implementação de um sistema PAYT (cerca de 93 %). Este fator é a principal condicionante do custo da tarifa de disponibilidade o que demonstra a necessidade da realização de um estudo mais detalhado relativamente aos custos de exploração do serviço. Ainda assim, e uma vez que os pressupostos estabelecidos tem uma repercussão nos valores finais, seria importante elaborar um estudo de análise de sensibilidade relativamente a estes valores.

Ainda assim, é fundamental referir que o custo com a gestão de resíduos cobrada aos utilizadores dependerá em grande medida do comportamento individual.

3.6 Inquérito

Com o propósito de aferir a perceção das pessoas perante um novo sistema tarifário de resíduos, neste caso, um sistema PAYT, foi realizado um inquérito. A via digital foi considerada a preferencial uma vez que as restantes opções (correio ou presencial) apresentavam obstáculos, como a situação atual de pandemia, o tempo necessário e a expectável baixa taxa de resposta.

Sabendo que pelo método utilizado para divulgar o inquérito haveria a possibilidade de obter uma pequena taxa de resposta de cidadãos residentes no Município do Porto, optou-se por admitir as respostas de qualquer inquirido, independentemente do Município de residência. Não obstante, e tendo em consideração que o presente trabalho incide sobre o Município do Porto, realizou-se uma análise particular às respostas dos portuenses. Foram obtidas 232 respostas, das quais 84 de residentes do Município do Porto, o que corresponde a 36 % do total de inquiridos.

3.6.1 Resultados do Inquérito

Na Tabela D.1 (Anexo D), estão expostas as questões do inquérito, bem como os gráficos referentes aos resultados de todas as respostas obtidas com uma análise (Microsoft Excel) mais detalhada do inquérito.

Importa sublinhar que o inquérito teve um número expressivo de respostas por parte da comunidade académica da Universidade do Porto e, consequentemente, muitas respostas de docentes, investigadores e estudantes da Universidade o que deve ser considerado na análise dos resultados e acautelar eventuais generalizações.

É possível verificar que as respostas do total de inquiridos e do universo de 84 inquiridos residentes do Porto é muito semelhante, o que demonstra que a perceção dos cidadãos é aparentemente uniforme, independentemente do Município residente. Assim, apesar de ter sido dada mais atenção às respostas dos residentes do Porto, as respostas dos inquiridos residentes fora do Município do Porto é maioritariamente similar, apenas havendo uma ligeira diferença nas percentagens em algumas questões nunca superiores a 10 %.

Dos participantes do inquérito, a faixa etária predominante foi a dos 18 aos 24, seguida dos 25 aos 34 e dos 35 aos 44 anos, sendo que o grau de escolaridade mais frequente foi Licenciatura, seguido de Mestrado. No entanto, na amostra dos inquiridos do Porto, a resposta mais frequente do grau de escolaridade foi Doutoramento, realçando o peso das respostas do meio académico. O nível de escolaridade é relevante na análise das respostas ao inquérito, uma vez que o grau de conhecimento por parte dos cidadãos pode ser importante na compreensão da necessidade de implementação de um novo sistema tarifário assim como na respetiva aceitação. Dos inquiridos do Porto, 45 % estão empregados, 35 % são estudantes e 1 % estão desempregados. Já o rendimento familiar anual bruto do agregado familiar da maioria dos inquiridos situa-se no intervalo de 10 000 – 25 000 euros (31 %), o que abarca o valor médio anual bruto por agregado familiar no Município que é de 13 000, seguido do rendimento > 55 000 (24 %).

A maioria dos agregados familiares dos inquiridos do Porto são constituídos por 2 ou 3 elementos (25%/26%), valor coincidente com a média de 2,32 de elementos/agregado, já previamente referida, segundo os Censos 2011 para o Município do Porto. Quanto à tipologia de residência onde habita, verifica-se que 48 % reside em habitações multifamiliares e 52 % em habitações unifamiliares. Este indicador é igualmente fundamental, visto que a tipologia de habitação influencia na escolha da alternativa PAYT a implementar.

Verifica-se que 86 % dos inquiridos diz que realiza a separação dos resíduos, enquanto 14 % assume não realizar qualquer separação. Este resultado demonstra que há ainda uma percentagem, apesar de pequena neste universo, de munícipes que não realiza a separação, indicando que um sistema PAYT poderá ser benéfico na mudança de tais comportamentos. Dado que se constata na prática algum desfasamento entre o assumir a separação e concretizar, os valores apresentados poderão não ser totalmente representativos da realidade. Dos 14 % que responderam que não realizam a separação, verifica-se que a resposta mais frequente foi a "falta de hábito ou conhecimento", o

que exprime a necessidade de intensificar a comunicação e sensibilização para com o munícipe.

Em relação ao sistema de recolha de resíduos, 93 % (78) dos inquiridos possui deposição/recolha do contentor de proximidade e 7 % (6) possui recolha porta-a-porta, representando este último sistema ainda uma minoria.

Dos inquiridos do Porto que dispõem do sistema Porta-a-Porta residencial, a resposta mais frequente quando questionados, "em média, por semana, qual o número de contentores (140 L) que estima que são produzidos em casa por cada tipo de resíduo", verifica-se que quanto aos resíduos indiferenciados, metade afirma produzir menos de 1 contentor e a outra metade afirma produzir 1 contentor; quanto ao vidro a resposta mais frequente foi menos de 1 contentor (83,3 %); quanto ao plástico, a resposta mais frequente foi de 1 contentor (66,7 %); quanto ao papel, a resposta mais frequente foi menos de 1 contentor (50 %), seguida de 1 contentor; quanto ao orgânico, 50 % dos inquiridos afirma produzir de menos de 1 contentor e os restantes 50 % afirma produzir 1 contentor de resíduos. Isto evidencia que os munícipes consideram que um contentor de 140 L é o adequado e que eventualmente não necessitam de mais do que uma recolha por semana, o que é um bom indício, principalmente no caso dos resíduos indiferenciados e no caso da implementação de um sistema PAYT.

No caso dos munícipes que dispõem da deposição por proximidade e uma vez que não existe controlo da quantidade de resíduos que cada munícipe produz e deposita por mês nos contentores de proximidade, as respostas são importantes para a análise da implementação de um sistema PAYT no Porto. Assim, à questão "em média, por semana, qual o número de sacos (30 L) que estima que são produzidos em casa por cada tipo de resíduo": em relação aos resíduos indiferenciados, 28,2 % afirma produzir 3 sacos, 26,9 %, produz 2 sacos e 24,4 % produz 1 saco. Estes dados demonstram que a maioria dos inquiridos afirma produzir entre 60 a 90 litros por semana desta tipologia de resíduos; no caso do vidro, 64,1% afirma produzir menos de 1 saco; quanto ao plástico, 32,1 % e 28,2 % afirma produzir 1 e 2 sacos, respetivamente; no caso do papel, 41,0 % e 38,5 % afirma produzir 1 e menos de 1 saco, respetivamente.

Foi questionado independentemente do método de deposição/recolha que possuía e do volume do saco/contentor, o número de vezes que o inquirido coloca ou deposita os resíduos indiferenciados semanalmente e verificou-se que a maior parte dos inquiridos diz colocar 2 a 3 vezes por semana os resíduos indiferenciados o que corresponde a 30 % e 27 % respetivamente, seguido de 24 % que afirma colocar 1 vez.

No que diz respeito à tarifa, verifica-se que existem munícipes (23 % dos inquiridos) não têm conhecimento que a tarifa de RU está indexada ao consumo de água e também que não têm conhecimento do valor que pagam pelos resíduos. No entanto, a resposta mais frequente, dentro dos que tem conhecimento, foi de que o custo atual é adequado (33 %). O facto de considerarem o custo atual adequado é um indicador de que a perceção dos inquiridos é de que a tarifa de resíduos não deveria aumentar, o que no caso de um sistema PAYT é presumível que ocorra.

A maioria dos inquiridos (51 %) não concorda que o pagamento dos resíduos esteja indexado ao consumo da água e 81 % concorda que os cidadãos que fazem a correta separação de resíduos deveriam ser beneficiados em comparação com os que não fazem. Para além disto, 70 % dos inquiridos concordariam também que a faturação dos resíduos fosse proporcional aos resíduos produzidos e 69 % concordaria mesmo que implicasse um aumento da tarifa a pagar. Quanto ao sistema de pagamento, 77 % considerariam mais conveniente a faturação PAYT por fatura mensal.

Pela análise às repostas é possível constatar que na amostra analisada dos munícipes do Porto, haveria uma aceitação da introdução de um sistema PAYT. No entanto, perante o universo inquirido e a sua representatividade relativamente ao município, tirar conclusões com um grau de confiança elevado aparenta ser muito desadequado.

3.7 Análise Crítica e Propostas

O aumento populacional e a falta de desassociação entre o crescimento populacional e económico e o consumo de recursos tem levado a um progressivo aumento da produção de resíduos. A mudança comportamental relativamente à forma como gerimos os recursos que consumimos e os resíduos que produzimos, em particular práticas de redução do consumo e correta separação na origem dos resíduos/recursos não aproveitados são fatores chave para atingir a sustentabilidade.

O sistema tarifário PAYT é um sistema mais justo e equitativo comparado com os sistemas tradicionais de indexação ao consumo de água, beneficiando quem minimiza a produção de resíduos e faz a correta separação. Este sistema potencia um aumento da taxa de recicláveis e uma diminuição da fração remanescente não valorizada (indiferenciado), contribuindo assim para uma economia circular.

Para além das vantagens conhecidas, o sistema PAYT é referido historicamente e com mais ênfase na atualidade nos documentos legais como medida de incentivo económico à aplicação da hierarquia dos resíduos; em particular, a Resolução da

Assembleia da República n.º 96/2021 recomenda a adoção de medidas necessárias com vista ao reforço da recolha seletiva em Portugal entre elas "desde logo pela implementação de metodologias de recolha que privilegiem o princípio do poluidor-pagador, como as metodologias PAYT". Existem, contudo, dificuldades na implementação deste sistema tarifário, sobretudo em relação à necessidade de uma implementação transversal para garantir utilização efetiva e aceitação social, em particular considerando períodos difíceis do ponto de vista económico e social como os que vivemos.

A zona de estudo é o Município do Porto, que tem uma área de 41,4 km^2, população total de 216 606 habitantes e uma densidade populacional de 5 229,5 hab/km^2 e é constituída por 139 253 alojamentos dentro dos quais 44 324 edifícios maioritariamente com 1 ou 2 pisos. A dimensão familiar média é de 2,32 pessoas/alojamento, 58,4 % da população residente tem idade entre os 15 e os 64 anos e 41 % apresenta concluído o ensino secundário ou o ensino superior. Do ponto de vista socioeconómico, 42,3 % da população residente encontra-se empregada e destes, 21,9 % trabalha ou estuda noutro Município e a taxa de desemprego é de 17,6 %. Verifica-se ainda que 65,6 % da população não residente está empregada no Município e 42,9 % da população não residente frequenta o ensino superior no Município. O sector económico mais expressivo é o terciário, com uma representação de 92,6 %, e o ganho mensal médio dos habitantes é de 1 336,9 €.

O Município do Porto é diversificado em termos de tipologia habitacional e é nas freguesias no limite do Município que se encontra um maior número de habitações unifamiliares. Já os edifícios não residenciais encontram-se na zona central do Município devido ao intenso comércio e serviços.

Existem diferentes tipos de sistema PAYT e as diferentes alternativas dependem de características técnicas do sistema atual. Assim, o estudo e análise do sistema atual é importante na decisão do sistema PAYT mais vantajoso para o Município. Na escolha da proposta de sistema PAYT a implementar no Município a abordagem foi sempre que possível pela adaptação do sistema atual e sem recurso a grandes investimentos. Contudo, dada a utilização expressiva de contentorização de superfície do tipo PEAD e a ausência de sistemas de adaptação, a transição implica ainda a aquisição de um conjunto relevante de equipamentos.

Com a prossecução do presente estudo, foi proposto um sistema PAYT considerando a quantificação dos resíduos pelo volume, mais concretamente, considerando a capacidade máxima do contentor ou da tômbola de deposição do

equipamento. Apesar da quantificação pela massa de resíduos ser mais precisa, a escolha baseada no volume de resíduos permite a concretização da implementação e adaptação do sistema de forma mais rápida e os custos de investimento são mais reduzidos.

O sistema PAYT proposto varia consoante a forma de identificação do utilizador e o método de deposição dos resíduos. No caso dos utilizadores abrangidos pela deposição PaP residencial foi escolhido como mais adequada a cobrança do contentor de 140 L de resíduos indiferenciados através da identificação do contentor da habitação que já possui atualmente incorporado um *tag* RFID (opera na banda de frequência ultra-alta) e no momento da recolha o contentor é lido pela viatura de recolha através da tecnologia RFID instalada. Para os utilizadores que possuem o método de deposição coletiva por proximidade, quer sejam utilizadores domésticos ou não domésticos, foi considerada a adaptação dos equipamentos existentes, adaptando sempre que possível ou adquirindo novos equipamentos, no caso de não existir possibilidade de adaptação. A adaptação consiste na alteração da tampa do equipamento por uma tampa com tambor duplo de volume fixo com a capacidade de abertura da tampa através de cartão de acesso de forma a identificar o utilizador através de um cartão de acesso. Os utilizadores domésticos que utilizem compartimento de resíduos como método de deposição dos resíduos indiferenciados, comum em habitações multifamiliares, não tendo sido considerado viável e praticável a implementação do sistema PAYT de forma justa aos munícipes, foi considerado que estes utilizadores utilizariam o método de deposição coletiva por proximidade.

Para ser implementado o sistema PAYT é necessário um investimento em novas tecnologias como *software* de gestão e tratamento de dados. Os custos de investimento considerados necessários para a implementação do sistema PAYT foram disponibilizados por empresas especializadas no setor.

De modo a analisar o peso do investimento na tarifa, foram considerados dois cenários no cálculo da tarifa fixa: Cenário 1 (sem financiamento para os custos de investimento) e Cenário 2 (custo de investimento financiados externamente). Para o Cenário 1 obteve-se a tarifa fixa/disponibilidade para os utilizadores domésticos de 2,8229 €/30 dias o que equivale a um aumento de cerca de 40% relativamente à tarifa fixa atual e para os utilizadores não domésticos de 24,1960 €/30 dias que equivale a um aumento de 82 % da tarifa atual. No Cenário 2, obteve-se a tarifa fixa de 2,6331 €/30 dias para os utilizadores domésticos e de 22,5697 €/30 dias para os utilizadores não domésticos o que corresponde a um aumento relativamente à tarifa fixa atual de

31 % e 70 %, respetivamente. Quanto à tarifa variável obteve-se 0,0088 €/L e TGR de 0,0012 €/L de resíduos indiferenciados produzidos.

Com o intuito de se obter uma maior perceção do sistema tarifário PAYT proposto, será comparado de seguida com o único sistema PAYT implementado e em funcionamento em Portugal desde maio de 2021, o novo sistema tarifário PAYT do Município da Maia. O modelo tarifário PAYT compreende: a tarifa fixa/disponibilidade com um valor de 0,16 €/dia, que corresponde a 4,80 €/30 dias; a tarifa variável com um valor de 0,0163 €/L; e a TGR de 0,0008 €/L. De notar que os valores expostos foram retirados do modelo tarifário exibido na cerimónia de apresentação pública da Maiambiente no dia 3 de maio de 2021. Assim, e considerando 2 recolhas de um contentor de 140 L de resíduos indiferenciados, no Município da Maia um utilizador doméstico pagaria 9,58 € enquanto que no sistema PAYT proposto para o Porto, o utilizador nas mesmas condições, pagaria 5,62 € no Cenário 1 (cenário mais conservador), que corresponde a um custo de 3,96 € (cerca de 41 %) inferior ao cobrado na Maia. Não foi possível comparar a tarifa de RU para os utilizadores não domésticos devido à ausência de informação. Não obstante, tendo em consideração os pressupostos assumidos em todo o estudo (custos de exploração do sistema e componente do peso atribuído aos utilizadores não domésticos), a tarifa de RU obtida para os utilizadores não domésticos torna o custo dos resíduos um encargo elevado para estes últimos.

Após a determinação do novo tarifário PAYT e apesar do custo da tarifa fixa calculada ser mais elevada do que a tarifa fixa atual, o custo total da tarifa de gestão de resíduos irá depender em parte do comportamento dos munícipes. Se houver uma mudança de comportamento, no sentido do aumento da separação dos resíduos recicláveis na origem e redução da fração de resíduos não valorizáveis e tendo por base a sustentabilidade do sistema atual, o sistema PAYT poderá a médio prazo tornar-se um sistema economicamente viável.

Pelo inquérito realizado onde se obteve 232 respostas das quais 84 (36 %) de residentes do Município do Porto, foi possível aferir a perceção das pessoas sobre o sistema PAYT e respetiva aceitação. As respostas obtidas dos inquiridos residentes no Município do Porto foram positivas e concordantes no sentido de se terminar com a cobrança indexada ao consumo da água e se mudar para um sistema indexado à produção de resíduos indiferenciados. Contudo, a amostra é pouco representativa tendo em conta o número de inquiridos e a sua representatividade relativamente ao município, e por isso, não é possível tirar conclusões com um grau de confiança

elevado para permitir tirar uma conclusão generalizada sobre a perceção global dos munícipes do Porto. Ainda assim, é indiscutível que para o sucesso do sistema PAYT é crucial uma comunicação eficaz e campanhas de sensibilização regulares aos munícipes pois são importantes e determinantes no sucesso de um sistema PAYT. É ainda importante que os cidadãos sejam consciencializados sobre a importância da participação e compreendam o funcionamento do sistema.

De uma forma global, embora com confiança de que os resultados obtidos neste estudo da "análise da implementação de um sistema PAYT no Município do Porto" são úteis com vista a caminhar no sentido de implementar o sistema em questão, sugere-se que sejam realizados estudos piloto que permitam a aferição da viabilidade técnica das soluções de adaptação e alternativas propostas e da viabilidade económica tendo por base o grau de aceitação e o comportamento real dos munícipes e impacte no sistema de gestão atual.

É recomendável que a implementação do PAYT ocorra de forma faseada, propondo-se:

- **1º Fase:** Implementação do sistema na zona do porta-a-porta residencial. Nesta fase não deverão existir alterações no sistema tarifário. Deverá servir para testar a tecnologia de leitura, recolha dos dados e o *software* de base de dados e efetuar ajustes, se necessário.
- **2º Fase:** Equipar/Adaptar o Município com equipamentos coletivos dotados de tecnologia necessária ao funcionamento do PAYT. Nesta fase não deverá igualmente existir alterações no sistema tarifário e deverá funcionar inicialmente como teste para ajustes que sejam necessários efetuar.
- **3º Fase:** Com o término dos ajustes necessários na parte técnica do sistema, esta fase deverá servir para introduzir na fatura atual indexada ao consumo da água, a tarifa de RU de acordo com a produção de resíduos, apenas numa fase inicial, para o utilizador comparar e se familiarizar, mantendo a cobrança segundo o consumo da água. Outra sugestão seria a utilização de uma aplicação/site onde o utilizador poderia comparar quanto pagaria aquando da entrada em vigor do sistema PAYT.
- **4º Fase:** Desindexação ao consumo da água e entrada em vigor do sistema PAYT na sua totalidade.

Durante o decorrer de todas as fases deverá haver campanhas de sensibilização e comunicação com os munícipes e assegurar a fiscalização durante e após a 4º Fase.

4. Conclusões

Dado o contexto ambiental em matéria de resíduos em Portugal e na União Europeia e devido ao consumismo crescente da sociedade que resulta num aumento da extração de recursos naturais e consequentemente no aumento da produção de resíduos, é essencial a adoção de estratégias e medidas que vão ao encontro do cumprimento das metas estabelecidas ao nível da prevenção e valorização de resíduos. Desta forma, os sistemas de gestão de resíduos necessitam de novas estratégias e de se adaptarem para fazer refletir o cumprimento das metas, contrariando a tendência atual.

A presente dissertação teve como objetivo principal a análise da implementação de um sistema Pay-As-You-Throw (PAYT) no Município do Porto e, mais precisamente, uma análise global da viabilidade de um sistema PAYT tendo em conta o atual sistema de gestão de resíduos e a as adaptações necessárias de acordo com as especificidades técnicas do Município. O trabalho desenvolvido ao longo desta dissertação centra-se na visão global do Município não existindo referência a nenhuma área em específico. Por este motivo, foram utilizadas as informações gerais de todo o Município tendo por base documentos e informação pública bem como documentos e informações cedidas por parte da empresa Porto Ambiente, particularmente em relação às características específicas do sistema de gestão de resíduos.

A produção dos resíduos urbanos no Município segundo os dados publicados pela Lipor em 2020 foi de 1,66 kg/(hab.dia) que se apresenta superior à média nacional para o mesmo ano que é de 1,40 kg/(hab.dia). Do total de resíduos, 78,82 % corresponde à fração indiferenciada o que representa uma produção diária destes de 1,31 kg/(hab.dia). Dos resíduos indiferenciados produzidos no Porto, 70,73 % são resíduos valorizáveis. Tal resultado mostra a urgência de tomar medidas e de implementar incentivos à população para que estes resíduos sejam devidamente separados e valorizados.

No caso de estudo em concreto, para a implementação de um sistema PAYT, foi considerado como investimento necessário a aquisição de 3 974 equipamentos do modelo *Back Bin* com um custo unitário de 900 € e adaptação de 79 *Clip Bin*, 509 *Molok* e 278 *Citytainer* para adaptação da tampa com tambor de volume fixo com custo unitário a variar entre 300 € e 1 375 €, a adaptação dos equipamentos com sistema de abertura com cartão de acesso RFID com um custo unitário a variar entre 300 € e 900 € e cartões de acesso RFID com um custo unitário de 1,62 €. É necessário adicionalmente adquirir um *software* de base de dados com um custo de cerca de 7 692

€ e foi tida em consideração uma campanha de sensibilização e comunicação com um valor de 211 008 €.

Como resultado da análise do sistema de gestão atual e levantamento de investimentos adicionais, na restruturação do novo sistema tarifário considerou-se um custo anual de exploração do serviço de gestão de cerca de 11 375 115 € e estimou-se um custo de investimento de 819 681 € o que corresponde a um total de 12 194 796 €, sendo o custo de investimento equivalente a 6,7 % do total de custos necessário para o funcionamento de um sistema PAYT, o que demonstra que admitindo que exista financiamento para cobrir os custos de investimento, este não influencia significativamente na tarifa de resíduos.

Após os cálculos para a reestruturação do sistema e implementação do PAYT, verificou-se que a tarifa fixa/disponibilidade do Cenário 1 é 7 % superior à do Cenário 2, em virtude do custo de investimento que é imputado na tarifa. Conclui-se que nos dois cenários a tarifa fixa a pagar será superior à tarifa paga atualmente mesmo existindo um financiamento, mais concretamente de mais 0,62 € (Cenário 2) ou 0,81 € (Cenário 1).

É possível concluir que o novo sistema tarifário PAYT proposto assume, em geral, pelos cálculos realizados, um aumento da tarifa de resíduos em comparação com a tarifa de resíduos atual para os utilizadores domésticos. No entanto, é possível no novo sistema PAYT, um utilizador doméstico pagar menos do que paga atualmente se tiver um comportamento de prevenção e de separação. Pela análise aos resultados da tarifa de RU, uma habitação tipo com 3 pessoas e considerando que atualmente paga de tarifa de resíduos, 6,23 € (valor médio de tarifa de resíduos no Município do Porto), no sistema PAYT proposto, para pagar o mesmo ou menos, teriam nos dois cenários de colocar o contentor à recolha 2 vezes/mês no caso do PaP (5,62 € - Cenário 1 ou 5,43 € - Cenário 2) ou depositar 3 vezes/mês nos equipamentos coletivos (5,52 € - Cenário 1) ou depositar 4 vezes/mês nos equipamentos coletivos (6,23 € - Cenário 2). Os valores demonstram ainda que quando aplicável haveria uma redução entre 0,61 € a 0,80 € do valor a pagar.

Porém, em relação aos utilizadores não domésticos, o mesmo não se observa, uma vez que a tarifa fixa no sistema PAYT proposto apresenta um valor de cerca de 9 € (Cenário 2) a 11 € (Cenário 1) superior à atual tarifa fixa. Este valor é justificado em consequência do fator de ponderação admitido para os utilizadores não domésticos.

Constata-se assim, que o novo sistema tarifário PAYT proposto não atinge os valores da tarifa de resíduos distribuída de igual forma à que se encontra atualmente em vigor de maneira a alcançar cobertura total dos custos.

Posto isto, foi possível comprovar que o custo de exploração, o custo de investimento repartido pelos 7 anos, os fatores de ponderação considerados (1/3 para os utilizadores domésticos e de 2/3 para os utilizadores não domésticos), o fator de "vazio" e o valor utilizado da massa volúmica dos resíduos indiferenciados, são as principais componentes que condicionam o custo final da tarifa de resíduos urbanos. Por este motivo, estas componentes deverão ser estudadas e analisadas em pormenor uma vez que o agravamento da tarifa de RU é dos maiores entraves na implementação de um sistema tarifário PAYT para os Municípios.

Todavia, pode afirmar-se que o caminho está a ser feito neste sentido, porém há ainda a necessidade de realizar estudos detalhados no âmbito técnico, tecnológico e económico-financeiro para que o sistema PAYT seja bem-sucedido.

5. Recomendações para trabalhos futuros

Apesar dos vários estudos realizados no âmbito do sistema PAYT, ainda é necessário o desenvolvimento de mais estudos e projetos com vista à sua implementação.

Deste modo, recomendam-se para o futuro as seguintes medidas e trabalhos:

1. **Elaboração de projetos-piloto em áreas especificas do Município,** como por exemplo a zona abrangida pelo porta-a-porta residencial, uma vez que é a zona mais preparada para a transição para um sistema PAYT e que não necessita de grande investimento.
2. **Realização de estudos socioeconómicos mais detalhados,** com vista à afetação da tarifa fixa de disponibilidade do serviço, dos custos de investimento e de exploração do serviço, tendo também em atenção a população com condições específicas, desenvolvendo a tarifa social associada ao sistema tarifário PAYT.
3. **Elaboração de estudos práticos de implementação do sistema PAYT em habitações multifamiliares no Município do Porto,** uma vez que é um dos maiores obstáculos na implementação de um sistema PAYT e as soluções descritas na literatura ou utilizadas em alguns casos conhecidos poderão não ser praticáveis na realidade do Município.
4. **Realização de inquéritos aos residentes do Município do Porto,** com o objetivo de se compreender de forma mais rigorosa a perceção dos munícipes sobre o PAYT. Estes deverão considerar um número significativo de inquiridos residentes de todas as freguesias do Município, de residentes que possuam o método de recolha porta-a-porta e o método de deposição coletiva por proximidade e de utilizadores domésticos e de utilizadores não domésticos.
5. **Realização e implementação de programas de fiscalização**, visto que com a implementação de um sistema PAYT, é espectável a ocorrência de casos de deposição ilegal e outros tipos de ilegalidades e por isso é fundamental o bom funcionamento da fiscalização e a penalização do incumprimento.
6. **Criação de uma base de dados para os utilizadores,** que poderá ser utilizada através de uma aplicação/plataforma digital, onde o utilizador poderá acompanhar a sua produção de resíduos, quanto irá pagar e até pagar a tarifa de RU.
7. **Desenvolver meios de divulgação dos resultados obtidos,** como a evolução da taxa de produção de resíduos, a taxa de reciclagem, as emissões de gases de efeito de estufa, vídeos e fotografias, entre outros aspetos que poderão ser importantes

para o aumento da transparência do sistema e para manter o munícipe empenhado na separação dos valorizáveis e na prevenção da produção resíduos.

Referências

[1] - Ribeiro, F., Kruglianskas, I. *A Economia Circular no contexto europeu: Conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólido.* Universidade de São Paulo, 2014.

[2] - Valenças,P. *Jornada técnica sobre Economia circular. Prémios Humana Circular.* Humana Circular, 24/10/2019, Sintra.

[3] - Alzamora, B., Barros, R. *Review of municipal waste management charging methods in different countries.* Waste Management 115 (2020) 47-55, 2020.

[4] - Diário da República, 1.ª série N.º 179. Portaria n.º 187-A/2014 de 17 de Setembro.

[5] - Wikipedia (https://pt.wikipedia.org/wiki/Economia_circular). Data de acesso: 4 de maio de 2021.

[6] - Comissão Europeia. *Um novo Plano de Ação para a Economia Circular*. EUR-lex (https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0022.02/DOC_1&format=PDF). Data de acesso: 3 de agosto de 2021.

[7] - Piedade, M.,Limbert, P.Ramos, J.*Guias Técnicos. Implementação de sistemas PAY-AS-YOU-THROW (PAYT)*. Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos. Lisboa, 6 de junho de 2018.

[8] - Jornal Oficial da União Europeia. Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e Do Conselho de 30 de maio de 2018. EUR-lex (https://eur-lex.europa.eu/). Data de acesso: 3 de agosto de 2021.

[9] - Diário da República, 1.a série N.º 62. Resolução da Assembleia da República n.º 96/2021 Pag. 2, 30 de março de 2021.

[10] - Diário da República, 2.a série, n.o 74, de 13 de abril de 2017: Regulamento n.o 26/2019.

[11] - Porto Ambiente (http://www.portoambiente.pt/empresa) Data de acesso: 24 de fevereiro de 2021.

[12] - Porto Ambiente (http://www.portoambiente.pt/quem-somos/qualidade) Data de acesso: 24 de fevereiro de 2021.

[13] - ERSAR (http://www.ersar.pt/pt/site-comunicacao/site-noticias/Paginas/ersar-atribui-selos-de-aualidade-vertente-residuos.aspx) Data de acesso: 3 de agosto de 2021.

[14] - Jornal Oficial das Comunidades Europeias. *Decisão N.º 1600/2002/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 22 de Julho de 2002*. Bruxelas, 2002.

[15] - Jornal Oficial das Comunidades Europeias. *Diretiva 2006/12/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 5 de Abril de 2006.* Estrasburgo, 2006.

[16] - Jornal Oficial das Comunidades Europeias. *Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Novembro de 2008.* Estrasburgo, 2008.

[17] - Diário da República, 1.a série N.º 239. Presidência do Conselho de Ministros, Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro, Pág. 25-(2), 10 de dezembro de 2020.

[18] - Diário da República, 1.ª série N.º 52. Resolução do Conselho de Ministros n.º 11-C/2015 de 16 de março de 2015.

[19] - Participa (https://participa.pt/pt/consulta/plano-nacional-de-gestao-de-residuos-2030). Data de acesso: 4 de agosto de 2021.

[20] - Diário da República, 1.a série N.º 30. Portaria n.º 186/2007 de 12 de Fevereiro.

[21] - *PAPERSU do Município do Porto*. Câmara Municipal do Porto, 2015.

[22] - APA. *PERSU2020+ - Reflexão Estratégica e Ajustamentos às Medidas do PERSU 2020.* Julho de 2019.

[23] - Participa (https://participa.pt/pt/consulta/plano-estrategico-para-os-residuos-urbanos-persu-2030). Data de acesso: 27 de abril de 2021.

[24] - ERSAR (http://www.ersar.pt/pt/a-ersar/missao-atribuicoes-e-poderes). Data de acesso: 27 de abril de 2021.

[25] - Skumatz, L. *Pay-as-you-throw in the US: Implementation, impacts and experience.* Waste Management 28, 2008, p. 2759.

[26] - Alves, L., Silva, S., Soares,I. *Waste management in insular areas: A Pay-As-You-Throw system in Funchal.* Energy Reports, 18/10/2020, p. 31-36, Elsevier Ltd, Porto, Portugal.

[27] - Bilitewski, B. *Pay as you throw: a tool for urban waste management.* Waste Management 28 (12), 2008, p. 2759.

[28] - Reichenbach, J. *Status and prospects of pay-as-you-throw in Europe - A review of pilot research and implementation studies*. Waste Management 28, 2008, pp. 2809-2814.

[29] - Santana, P. *Fórum Nacional de Resíduos. O impacto da Economia Circular no Setor Nacional dos Resíduos. Sistema PAYT: potencialidades e desafios*. SANA Malhoa Hotel Lisboa, 19 e 20 de abril de 2016.

[30] - Santos, P. *Workshop: A gestão de resíduos em regiões insulares: o desafio para os Açores.* https://silo.tips/download/a-aplicaao-de-tarifarios-progressivos. Data de acesso: 4 de março de 2021.

[31] - Dahlén, L.,Lagerkvist, A. *Pay as you throw: Strengths and weaknesses of weight-based billing in household waste collection systems in Sweden.* Waste Management 30, 2009, pp. 23–31.

[32] - Schlauder, R. *Analysis of Implementing a Pay-As-You-Throw or Volume Based Program*. 23 de Fevereiro, 2001. (https://files.dep.state.pa.us/Waste/Recycling/RecyclingPortalFiles/Hazleton.pdf). Data de acesso: 23 de março de 2021.

[33] - Pires, J. *Fórum Nacional de Resíduos. O impacto da Economia Circular no Setor Nacional dos Resíduos. Ameaças e oportunidades. Implementação do princípio do poluidor-pagador no setor dos resíduos.* 19 e 20 de abril de 2016, Universidade Católica de Lisboa, 19 e 20 de abril de 2016.

[34] - Abrashkin, J. *Volume-Based Waste Fee (VBWF): Effect on Recycling and Applicability to New York City.* Degree in Earth Resources Engineering, Columbia University, 2015.

[35] - Luken, K. *Analysis of Implementing a Pay-As-You-Throw.* R. W. Beck, 24/09/2004, Rockledge.

[36] - Canterbury, L., Hui, G. *Setting Rates for a Pay-As-You-Throw Program.* U.S. EPA Office of Solid Waste, janeiro de 1999, Estados Unidos da América.

[37] - nControl (https://www.ncontrol.com.pt/o-que-e-rfid.html). Data de acesso: 27 de abril de 2021.

[38] - Ferreira, C., *Municípios LIFE PAYT: soluções técnicas e obstáculos à implementação de tarifários pay-as-you-throw.* Seminário Internacional de Gestão de Resíduos, 12 de dezembro de 2019, São João da Madeira.

[39] - Maia (https://maia.pt/2021/04/29/recicle-mais-pague-menos-maia-prepara-a-alteracao-do-paradigma-das-tarifas-dos-lixos-urbanos/). Data de acesso: 03 de maio de 2021.

[40] - Amporto (http://portal.amp.pt/pt/4/municipios/porto/#FOCO_4). Data de acesso: 31 de março de 2020.

[41]-INE (https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&contecto=pi&indOcorrCod=0008273&selTab=tab0) Data de acesso: 31 de março de 2020.

[42] - Pordata (https://www.pordata.pt/Municipios) Acesso: 9 de abril de 2021.

[43] - INE. *Anuário Estatístico da Região Norte – 2018.* Instituto Nacional de Estatística, I.P. Lisboa, 2018.

[44] - CMP. *Revisão do Plano Diretor Municipal do Porto. Habitação e Dinâmicas Urbanísticas. Relatório de Caracterização e Diagnóstico,* 2018.

[45] - Lipor (https://www.lipor.pt/pt/sobre-nos/a-lipor/). Data de acesso: 19 de abril de 2021.

[46] - Lipor. *Observatório de Resíduos* (https://www.lipor.pt/pt/valorizar/observatorio-de-residuos-lipor/). Data de acesso: 11 de abril de 2021.

[47] - Lipor. *Município do Porto - Caracterização da Fração Indiferenciada,* 2016.

[48] - Porto Ambiente. Documento fornecido pela Porto Ambiente, 2019.

[49] - Porto Ambiente (http://www.portoambiente.pt/noticias/porto-ambiente-vai-instalar-500-contentores-para-recolha-de-residuos-organicos) Data de acesso: 20 de abril de 2021.

[50] - *Porto Ambiente.* Documento fornecido pela Porto Ambiente, 2020.

[51] - Porto Ambiente (http://www.portoambiente.pt/recolha-porta-a-porta/recolha-porta-a-porta-residencial) Data de acesso: 20 de abril de 2021.

[52] - Porto Ambiente (https://www.portoambiente.pt/residuos-urbanos/tarifario) Data de acesso: 23 de abril de 2021.

[53] - Porto Ambiente (http://www.portoambiente.pt/noticias/reciclagem-aumenta-50-em-apenas-tres-anos-com-a-porto-ambiente) Data de acesso: 23 de abril de 2021.

[54] - Porto Ambiente. *Relatório & Contas.* Empresa Municipal de Ambiente do Porto, 2020.

[55] - Diário da República, 2.ª série N.º 74, Deliberação n.º 928/2014 de 15 de abril de 2014.

[56] - Recomendação ERSAR n.º 02/2010. Critérios de Cálculo para a Formação de Tarifários Aplicáveis aos Utilizadores Finais dos Serviços Públicos (...) de Gestão de Resíduos Urbanos. Águas do Norte (https://www.adnorte.pt/downloads/file23_pt.pdf). Data de acesso: 6 de agosto de 2021.

[57] - *Modelos de Equipamentos*. Documento fornecido pela EMAP-Porto Ambiente.

[58] - Sopinal (http://www.sopinal.pt/). Data de acesso: 23 de abril de 2021.

[59] - Formato Verde (https://www.formatoverde.com/pt-PT/carga-pluma-bilateral/clip-bin-carga-pluma.aspx). Data de acesso: 23 de abril de 2021.

[60] - Ovo Solutions (https://www.ovosolutions.com/pt/). Data de acesso: 23 de abril de 2021.

[61] - Tnl (http://tnl.lvengine.net/Imgs/articles/article_68/citytainer-tnl-2_0-pt.pdf) Data de acesso: 23 de abril de 2021.

ANEXOS

Anexo A – Vantagens e desvantagens das diferentes alternativas de sistemas PAYT

Tabela A.1 - Vantagens e desvantagens dos sistemas PAYT com base na identificação do utilizador ou do equipamento (Fonte: adaptado [7,32])

	Vantagens	Desvantagens
Sistema com base na Identificação do Utilizador	Custos com pessoal são mais reduzidos que no caso dos sistemas com base na identificação do equipamento Redução significativa da quantidade de resíduos urbanos Aumento das taxas de reciclagem Fácil adequação à tarifa variável	Custos de implementação e funcionamento elevados Investimento inicial bastante elevado Custos elevados devido à elevada complexidade tecnológica (câmaras de deposição e/ou sistema de pesagem) Custos de manutenção elevados (manutenção permanente dos equipamentos e manutenção dos sistemas informáticos de leitura) Maior risco de contaminação da fração reciclável (impossibilidade de atribuir responsabilidade em caso de contaminação de recicláveis)
Por Volume	Complexidade tecnológica menor quando comparada com o sistema por massa	
Por Massa	Medição com maior precisão do que sistemas baseados no volume e oferecem maior incentivo à reciclagem Sistema justo e de fácil compreensão por parte dos utilizadores	Custo inicial e de manutenção mais elevado que o sistema baseado pelo volume (necessidade de instalar sistemas de pesagem nos equipamentos de deposição)
Sistema com base na Identificação do Equipamento	Maior facilidade em identificar o autor no caso de contaminação da fração reciclável comparado com o sistema com base na identificação do utilizador	

Por Volume **(Sistema pós-pagamento pela utilização de sacos)**	Custos de manutenção baixos Baixa complexidade tecnológica Elevada adequação à tarifa variável Complexidade tecnológica baixa	Custos de Implementação consideráveis Impacte pouco significativo nas taxas de reciclagem
Por volume **(Sistema pós-pagamento pela utilização de contentor)**	Os contentores, ao contrário dos sacos, funcionam bem com equipamento semiautomático ou de recolha automática Os contentores podem ser etiquetados com endereços ou indicadores únicos para ajudar na identificação Contentores impedem que os resíduos sejam espalhados Contentores são mais resistentes que os sacos Possibilidade de utilizar equipamentos já existentes no Município	Custos de implementação elevados Os clientes têm um incentivo limitado para reduzir resíduos, uma vez que não é possível considerar um menor volume do tamanho pré-estabelecido do contentor Sistema de faturação complexo Armazenamento, inventário e distribuição de contentores complexo Recolha porta-a-porta dos contentores normalmente requer mais tempo e esforço do que a recolha de sacos Armazenar os contentores dentro das habitações pode ser um inconveniente para os munícipes Complexidade tecnológica (rotular os contentores com *tags* de RFID ou códigos de barras e viaturas com tecnologia para leitura)

Por Volume (Sistema pré-pagamento de sacos)	Custos de implementação baixos. Não há necessidade de investimentos complementares Complexidade tecnológica baixa Elevada redução da quantidade de resíduos urbanos Aumento das taxas de reciclagem Elevada adequação à tarifa variável Fácil compreensão do sistema por parte dos munícipes Não é necessário sistema de faturação Fácil distribuição e armazenamento dos sacos Sistema de baixo custo de implementação	Custos consideráveis de funcionamento (controlo e distribuição da venda dos sacos/etiquetas/autocolantes homologados e necessidade de fiscalização exigente) Menor adaptabilidade do utilizador (deslocação dos utilizadores para aquisição dos sacos/etiquetas/autocolantes) Maior incerteza nas receitas Compra e armazenamento pode ser um inconveniente para os munícipes Os sacos podem ser rasgados/danificados e os resíduos serem dispersos na via pública devido à ação de animais, ou de condições climatéricas ou na operação de recolha Ao contrário dos contentores, os sacos não são reutilizados, aumentando assim, a quantidade de RSU que entra cadeia de consumo de resíduos
Por Volume ou Massa (Pré-pagamento pela utilização de	Mais fáceis e menos dispendioso de implementar do que outros sistemas	As etiquetas e os autocolantes podem sair ou descolar do saco ou contentor, não permitindo a identificação

etiquetas/autocolantes em sacos ou contentores)	Fácil compreensão do sistema por parte dos munícipes Sistema de faturação simples ou não existe uma vez que o sistema é de pré-pagamento Custos de implementação baixos Menor espaço para o armazenamento de etiquetas ou autocolantes Custo de produção de etiquetas ou autocolantes para venda aos munícipes é inferior aos dos sacos Pode ser utilizado em sacos ou contentores	Maior incerteza das receitas A aquisição e armazenamento de autocolantes ou etiquetas pode ser um inconveniente para os munícipes Etiquetas ou autocolantes dos sacos ou contentores podem ser removidos por prevaricadores com vista a evitar o pagamento
Por Massa (pela utilização de sacos ou contentores)	Maior adaptabilidade do utilizador (utilizador tende a adaptar-se e a compreender melhor um sistema baseado no peso dos resíduos) Elevada redução da quantidade de resíduos urbanos Aumento das taxas de reciclagem Elevada adequação à tarifa variável Sistemas baseados na pesagem de resíduos medem com maior precisão do que sistemas	Custos de implementação muito elevados Custos de manutenção elevados Complexidade tecnológica elevada Requer um sistema de faturação mais complexo Necessidade de viaturas de recolha especiais que contenham sistema de pesagem incorporado Complexidade tecnológica (Necessidade de rotular os contentores com *tags* de RFID ou código de barras e que as

	baseados no volume e oferecem maior incentivo à reciclagem	viaturas tenham incorporado um sistema de leitura RFID ou código de barras)
	Encoraja a redução na geração de resíduos	Possibilidade de ocorrerem falhas do sistema de pesagem ou do sistema tecnológico de leitura do utilizador.
	Sistema justo e de fácil compreensão	

Tabela A.2 - Vantagens e Desvantagens dos tipos de tarifa: fixa, variável e multicomponente (Fonte: adaptado de [7,36])

Vantagens	Desvantagens
Tarifa Fixa	
- Potencial de redução dos custos dos serviços de gestão dos RSU e de simples gestão. Este sistema pode resultar em custos administrativos mais baixos.	- Incerteza das receitas. Este sistema pode levar a uma recuperação acima ou abaixo das receitas de RSU necessárias. Além disso, para os programas de sacos, os residentes podem comprar e armazenar muitos sacos ao mesmo tempo para os utilizar ao longo do tempo. Esta compra excedentária pode criar flutuações de receitas para a entidade que faz a gestão de resíduos. - Esta tarifa é incompatível com o sistema PAYT, pois o seu valor é independente do serviço prestado. Parte do princípio que cada habitação produz a mesma quantidade de resíduos ou que varia com a dimensão da habitação ou o número de componentes do agregado familiar. - Este tipo de tarifa não contribui para os objetivos de redução da produção de resíduos ou de incremento da recolha seletiva.
Tarifa Variável	
- Aumento do controlo do incentivo à redução da produção de resíduos. Pode ser cobrado um preço para contentores adicionais mais elevado do que o preço da assinatura se com vista a criar um forte incentivo para reduzir e reciclar.	- Estes sistemas podem ser mais dispendiosos de implementar e administrar (especialmente durante a fase inicial).
Tarifa Multicomponente	
- Proporciona estabilidade de receitas. Os sistemas multicomponente permitem aos	- Gera potencialmente um menor incentivo à redução da produção de resíduos, uma vez

Municípios assegurar a cobertura dos custos fixos do serviço através da tarifa fixa.	que, os utilizadores poderão não compreender os benefícios da diminuição da produção de resíduos, visto que, parte do custo da tarifa de RU é composto pela tarifa fixa que não está indexada à produção de resíduos e que terá de ser sempre cobrada ao utilizador mesmo que este produza poucos resíduos.

Anexo B – Dados característicos da área em estudo

Localização geográfica	Total	Edifício exclusivamente residencial (100%)	Edifício principalmente residencial (de 50% a 99%)	Edifício principalmente não residencial (até 49%)
Aldoar	2.212	2.114	88	10
Bonfim	5.428	4.513	833	82
Campanhã	7.133	6.507	605	21
Cedofeita	4.796	3.618	1.097	81
Foz do Douro	1.962	1.820	130	12
Lordelo do Ouro	2.651	2.467	162	22
Massarelos	1.114	924	152	38
Miragaia	572	506	53	13
Nevogilde	896	836	56	4
Paranhos	7.789	6.981	764	44
Ramalde	4.783	4.351	395	37
Santo Ildefonso	2.713	1.755	775	183
São Nicolau	443	379	45	19
Sé	1.178	842	306	30
Vitória	654	354	239	61
Porto	**44.324**	**37.967**	**5.700**	**657**

Figura B.1 -Edifícios clássicos segundo o tipo de utilização, no ano de 2011 (Fonte:[44]).

Localização geográfica	Total	Alojamentos familiares segundo o tipo de alojamento								Alojamentos colectivos		
		Total	Alojamentos clássicos segundo a forma de ocupação				Não clássicos			Estabeleci-mentos hoteleiros ou similares	Alojamentos de convivência	Total
			Total	Residência habitual	Residência secundária	Vagos	Barracas e casas rudimentares de madeira	Outros	Total			
Aldoar	5.856	5.843	5.838	4.820	295	723	0	5	5	1	12	13
Bonfim	15.084	14.993	14.988	10.683	1.432	2.873	1	4	5	40	51	91
Campanhã	16.458	16.431	16.361	12.763	1.304	2.294	58	12	70	9	18	27
Cedofeita	15.793	15.711	15.700	10.041	1.520	4.139	0	11	11	39	43	82
Foz do Douro	5.707	5.701	5.698	4.489	496	713	0	3	3	3	3	6
Lordelo do Ouro	10.928	10.919	10.918	8.535	844	1.539	0	1	1	6	3	9
Massarelos	4.396	4.380	4.376	3.001	695	680	0	4	4	6	10	16
Miragaia	1.529	1.522	1.522	969	188	365	0	0	0	4	3	7
Nevogilde	2.463	2.460	2.459	1.971	205	283	0	1	1	0	3	3
Paranhos	27.256	27.192	27.179	18.880	3.182	5.117	0	13	13	21	43	64
Ramalde	18.859	18.835	18.831	15.266	1.281	2.284	0	4	4	3	21	24
Santo Ildefonso	7.221	7.132	7.126	4.174	707	2.245	0	6	6	67	22	89
São Nicolau	1.603	1.586	1.585	785	143	657	0	1	1	10	7	17
Sé	2.788	2.745	2.738	1.450	260	1.028	0	7	7	29	14	43
Vitória	1.950	1.921	1.917	842	182	893	0	4	4	26	3	29
Porto	137.891	137.371	137.236	98.669	12.734	25.833	59	76	135	264	256	520

Figura B.2 - Alojamentos segundo o tipo e a forma de ocupação dos alojamentos familiares clássicos, no ano de 2011(Fonte: [44]).

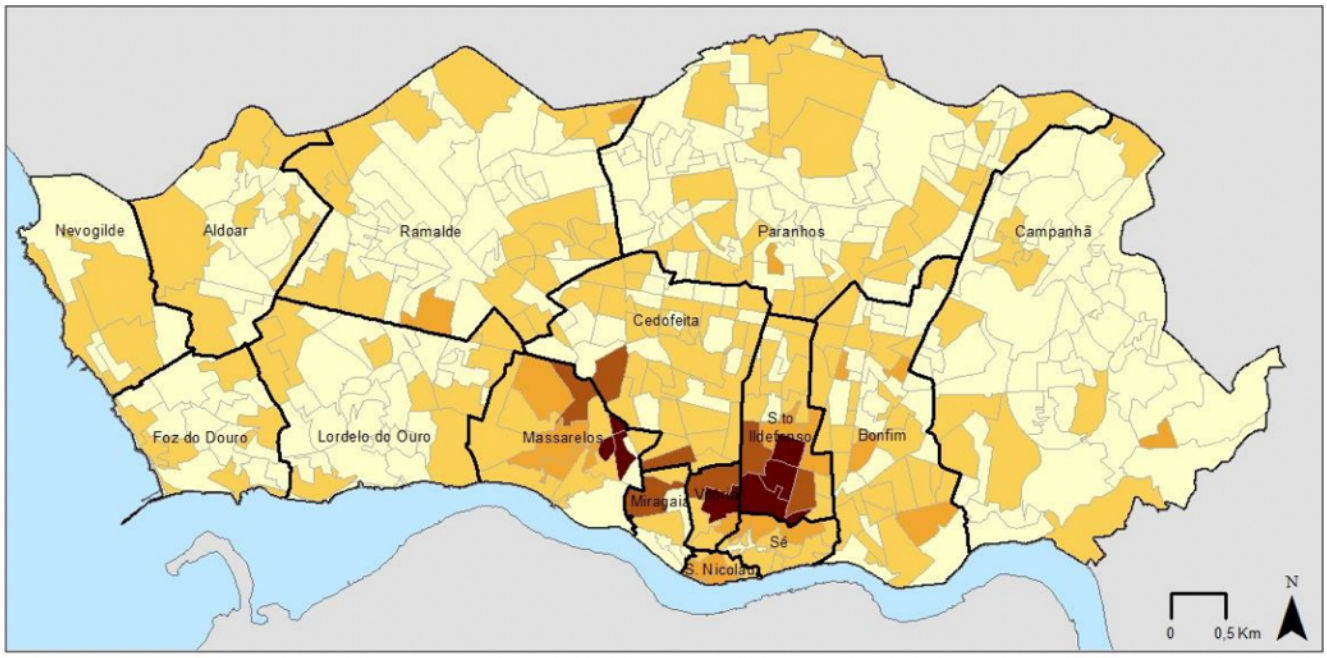


Figura B.3 - Edifícios principalmente não-residenciais, 2011 (%) (Fonte: [44]).

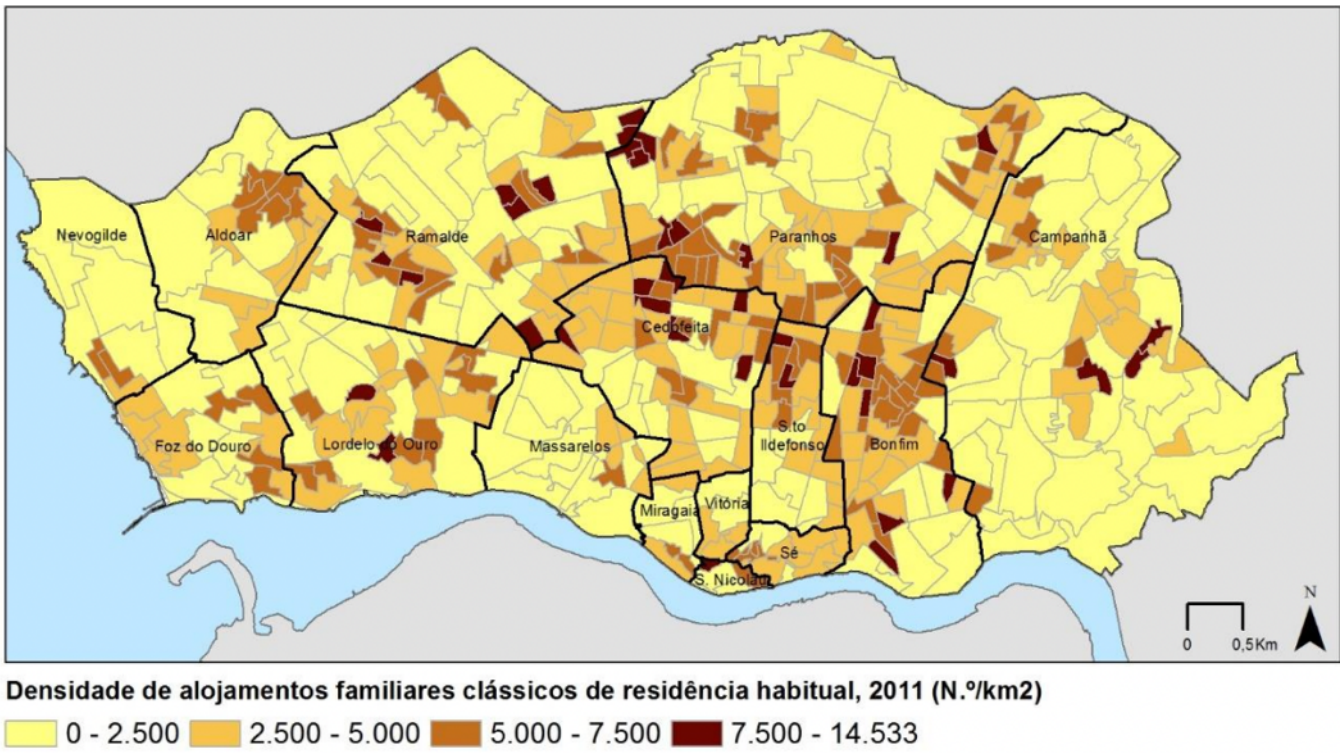


Figura B.4 - Densidade de alojamentos familiares clássicos de residência habitual, 2011 (N.º/km^2) (Fonte: [44]).

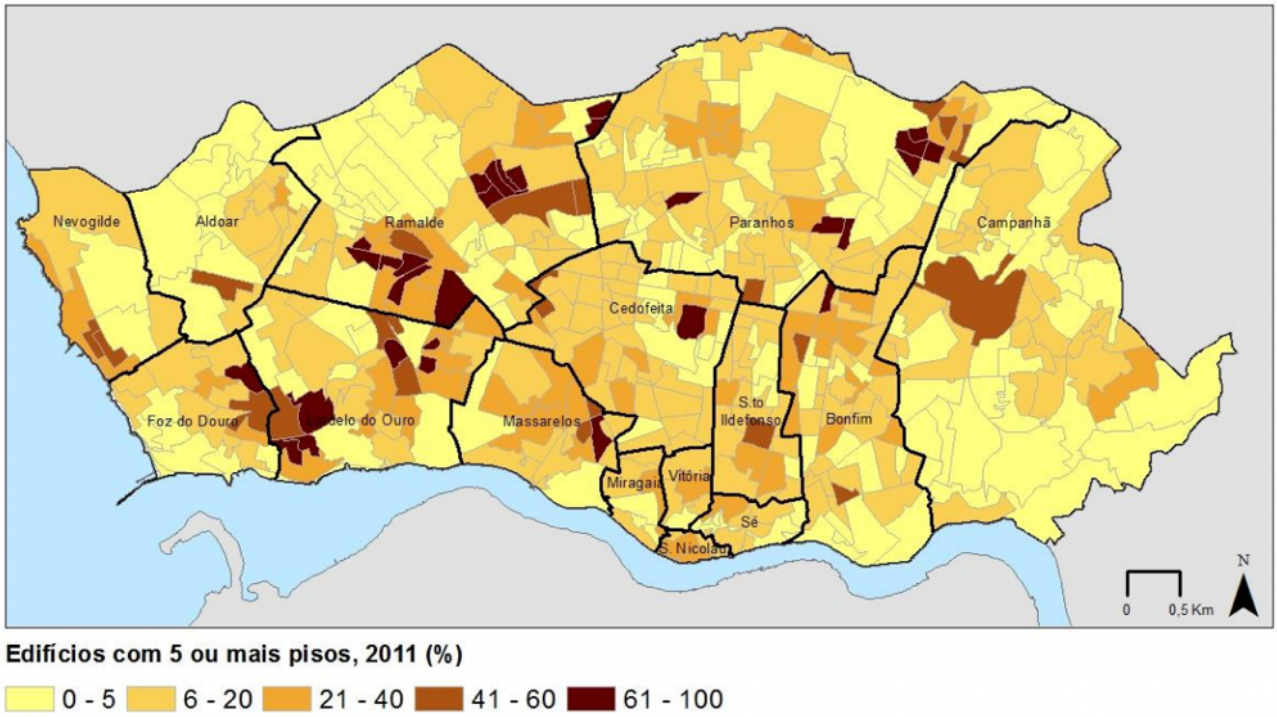


Figura B.5 - Edifícios com 5 ou mais pisos, 2011 (%) (Fonte: [44]).

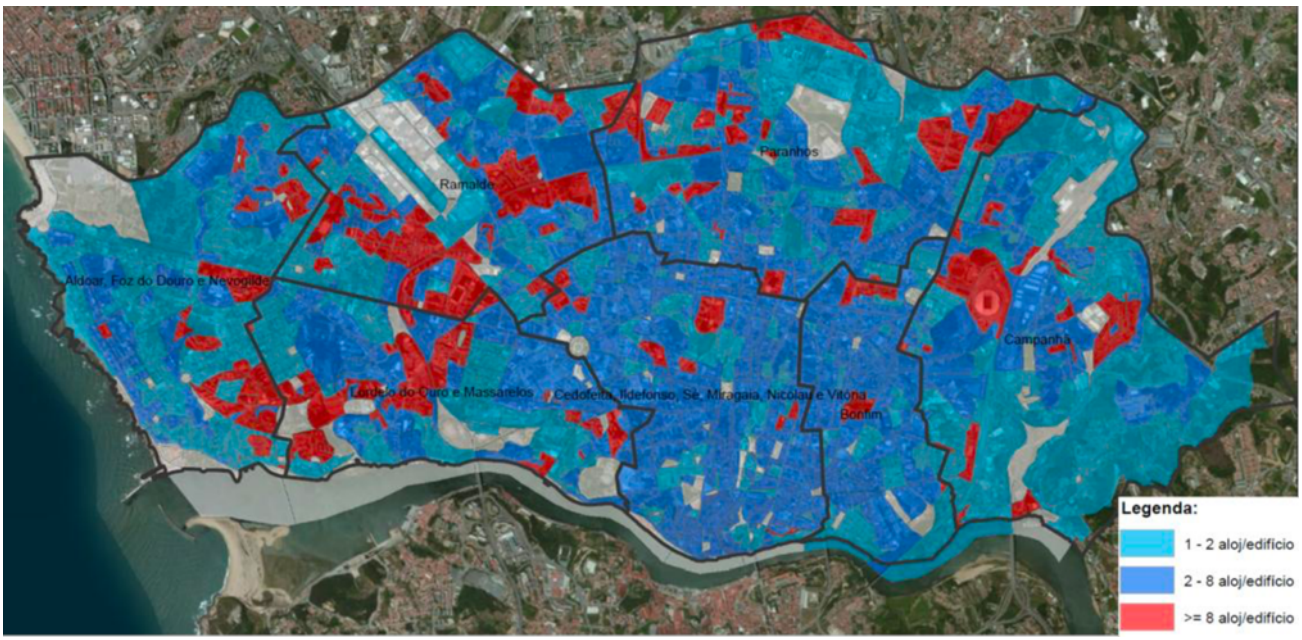


Figura B.6 - Tipologia habitacional, 2011 (Fonte: [44]).

Anexo C – Equipamentos de deposição/recolha de resíduos

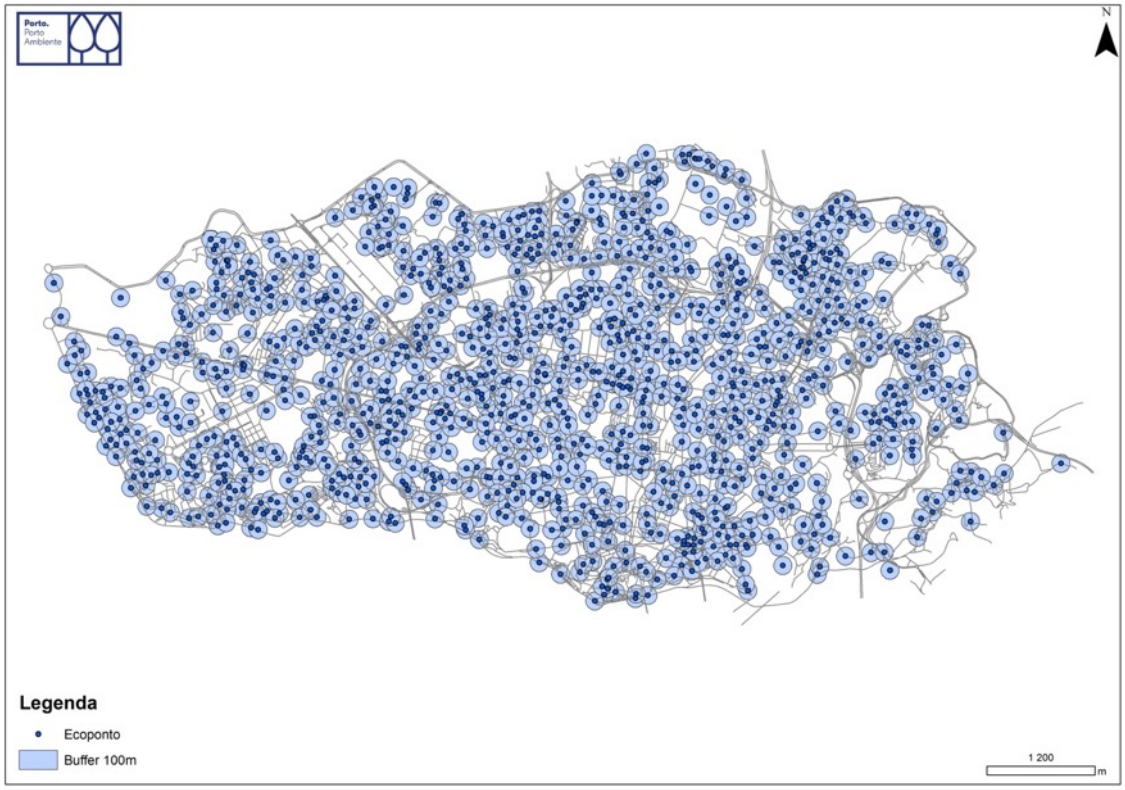


Figura C.1 – Distribuição geográfica dos ecopontos e respetiva área de influência (raio de 100 m), no ano de 2019 (Fonte: [48]).

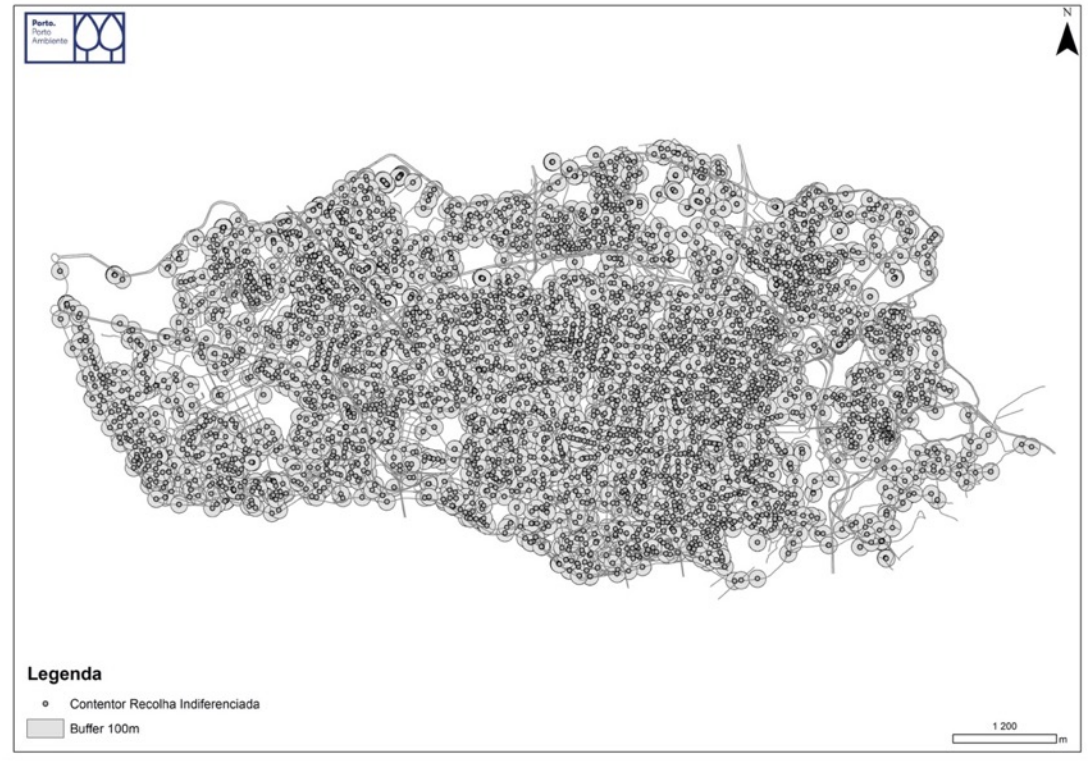


Figura C.2 - Distribuição geográfica dos equipamentos de deposição de proximidade dos resíduos indiferenciados e respetiva área de influência (raio de 100 m), no ano de 2019 (Fonte: [48]).



Figura C.3 – Ruas abrangidas pelo sistema porta-a-porta residencial, no ano de 2019 (Fonte: [48]).

Tabela C.1- Modelos e características dos equipamentos de deposição do Município do Porto (Fonte: [57-61])

	Tipo de Equipamento	**Características**
Equipamentos de Deposição/Recolha por proximidade		
Equipamentos de Superfície	**Clip Bin** 	Contentor em polietileno com uma capacidade de 3200 L. Para resíduos seletivos - multimaterial e indiferenciados.

	Contentor PEAD 	Contentores PEAD com capacidade de 800L/1000L com quatro rodas e tampa plana para deposição de resíduos indiferenciados.
	Ecomil 	Contentores idênticos aos contentores PEAD com capacidade de 1000 L, utilizados na recolha seletiva multimaterial, com coloração da tampa adaptada ao tipo de resíduo a alocar.
	Vidrão (Iglo) 	Contentores utilizados para colocar o vidro. Têm, normalmente forma de iglô e capacidade de 1,5 e 2,5 m^3.
	Cyclea 	Contentor em PEAD (Polietileno de alta densidade) para resíduos recicláveis (multimaterial). Têm capacidades de 1500 ou 2500 L.

	Back Bin 	Contentor em polietileno com uma capacidade de 1200 L com 4 rodas dotado de controlo de abertura com cartão de acesso para recolha seletiva de resíduos orgânicos.
Equipamentos em Profundidade	**Molok** 	Contentor semi-enterrado fabricado em polietileno rotomoldado, com capacidade de 3000L/5000 L para deposição de resíduos seletivos e indiferenciados.
	Citytainer 	É composto por uma plataforma metálica única, capaz de alojar desde 1 contentor até 4 contentores de 3000 ou 5000 L A plataforma está situada sob a superfície da via pública e os contentores ficam completamente enterrados. Para deposição e recolha de resíduos seletivos e indiferenciados.
	Outros modelos: Ecotainer, Ecobox, Blue Bee, Green Bee… 	Equipamentos de deposição em profundidade de resíduos seletivos e indiferenciados. Com capacidade entre os 3000 L e os 5000 L.

Equipamentos de Deposição/Recolha Porta-a-Porta		
		Contentores de deposição de resíduos para recolha porta-a-porta não residencial para resíduos orgânicos com capacidade que varia de acordo com a produção de resíduos.
		Contentores de deposição de resíduos para recolha porta-a-porta residencial com uma capacidade de 140 litros. Para resíduos indiferenciados e seletivos.
		Saco para deposição de resíduos verdes e sua recolha porta-a-porta com uma capacidade de 20 kg.
		Sacos para deposição de resíduos seletivos para utilizadores não domésticos com capacidade de 90 ou 120 L..

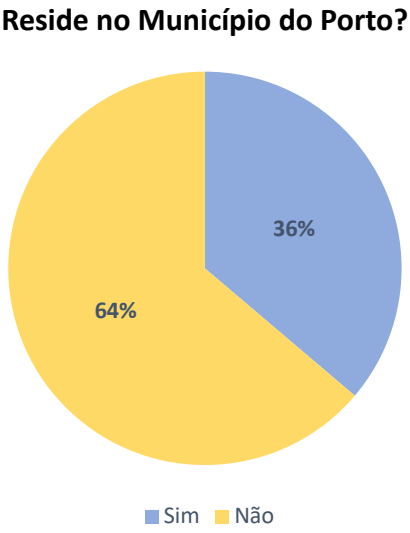
Tabela C.2 - Modelos de equipamentos de deposição existentes no Município e respetiva adaptação do mesmo para um sistema PAYT (Fonte: [57-61]).

Equipamento existente	Adaptação/Aquisição do equipamento
PEAD 	**Aquisição de Contentor Back Bin com tampa adaptada e sistema de controlo de acesso** 
Clip Bin 	**Adaptação Clip Bin com tampa de volume fixo e sistema de controlo de acesso** 
Molok 	**Adaptação Molok com tampa de volume fixo e sistema de controlo de acesso** 

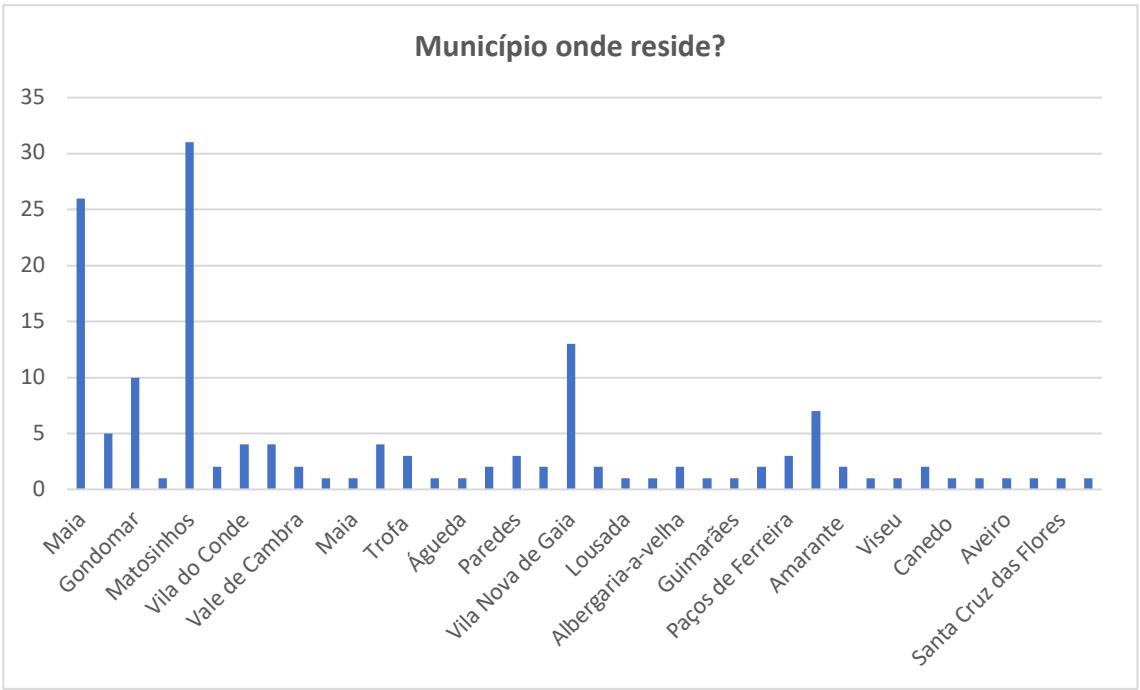
Citytainer	**Citytainer com mudança da tampa do marco de deposição e controlo de acesso (exemplo)**
	

Anexo D – Apresentação e Resultados do Inquérito realizado

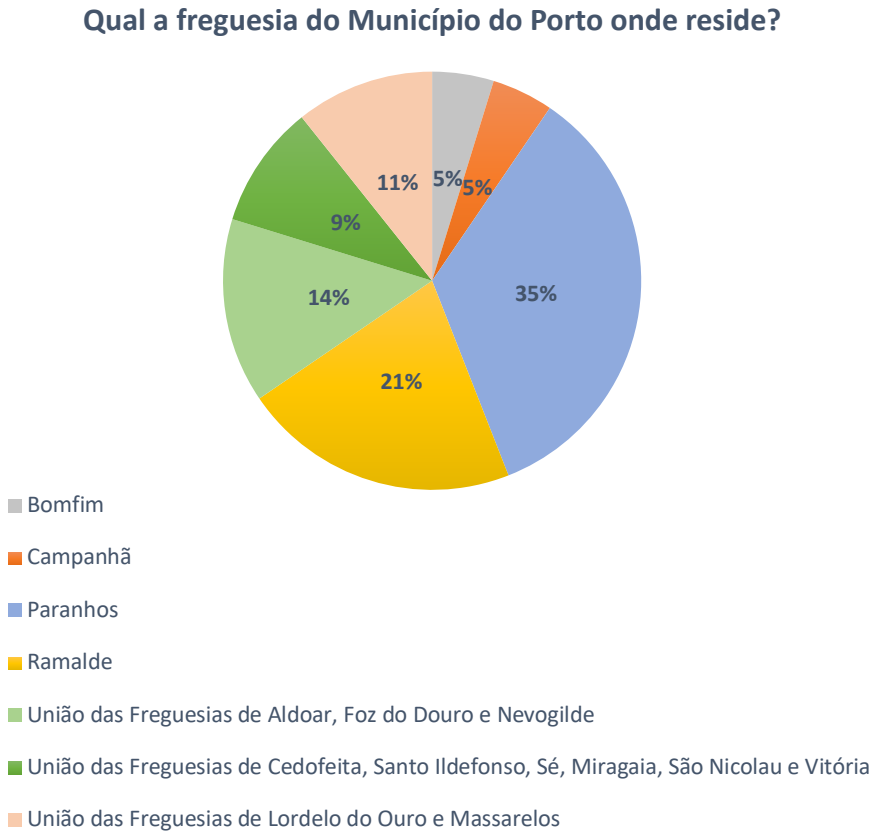
O inquérito divulgado foi de carácter voluntário, anónimo e confidencial. De seguida são apresentadas as questões do inquérito acompanhadas da representação gráfica dos resultados obtidos. O inquérito foi criado na plataforma Google Forms e o método utilizado para divulgação do inquérito foi via e-mail no meio académico da Universidade do Porto, dado o enquadramento do trabalho, nas redes sociais de carácter pessoal e internamente na Porto Ambiente.



Os inquiridos que responderam "Não" à questão anterior, foi-lhes questionado qual o Município onde residiam:

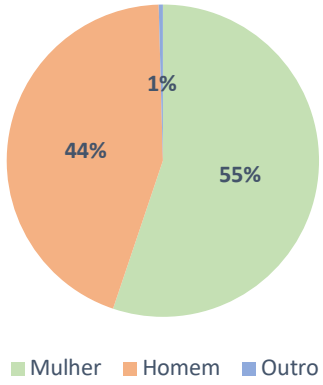
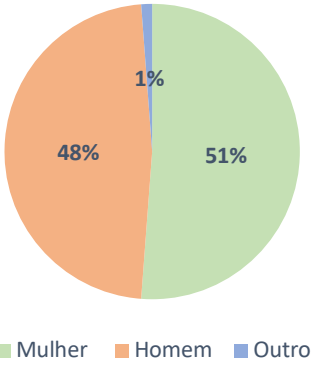
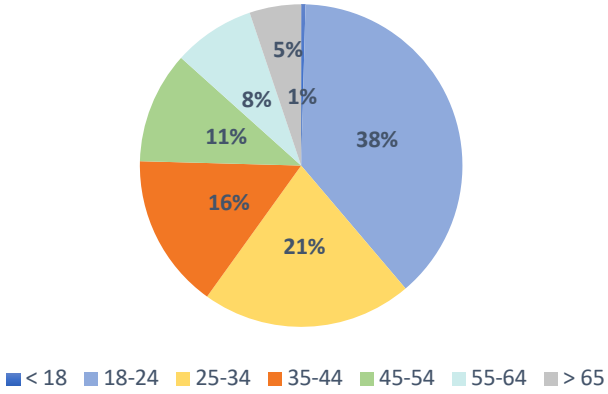
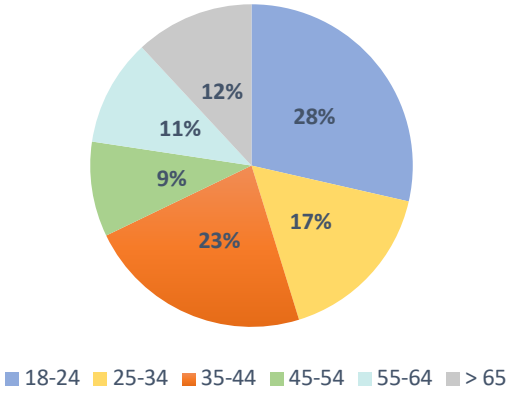


No caso de terem respondido "Sim", foi questionado em que freguesia do Município residiam:

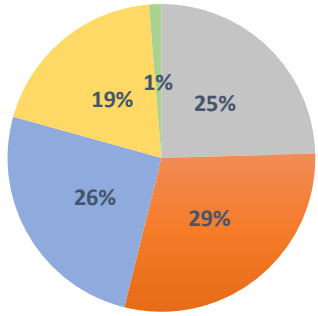


De seguida na Tabela IV.1 são expostos os resultados da totalidade das respostas ao inquérito, ou seja, as 232 respostas e os resultados da representatividade dos inquiridos residentes no Município do Porto que corresponde a 84 respostas.

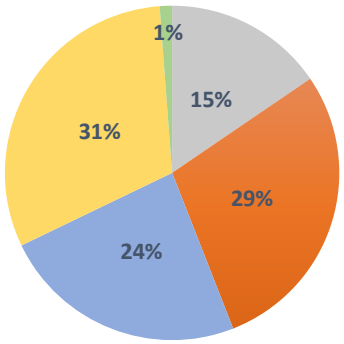
Tabela IV.1 - Apresentação dos resultados do inquérito. Coluna esquerda os resultados do total de inquiridos, coluna da direita os resultados dos inquiridos residentes no Município do Porto

Resultados de todos os inquiridos (232 respostas – 100%)	**Resultados dos inquiridos residentes no Município do Porto (84 respostas – 36%)**
Secção I - Dados Sociodemográficos **A secção I incide sobre questões de carácter sociodemográfico sendo que os dados recolhidos se destinam apenas ao estudo em questão.**	
Questão 1: Género	
	
Questão 2: Idade	
	

Questão 3: Último grau de escolaridade concluído

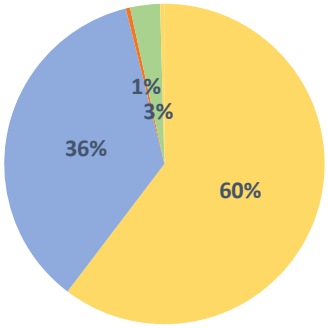


Ensino secundário (10º, 11º e 12º Anos)
Licenciatura
Mestrado
Doutoramento
Curso Profissional

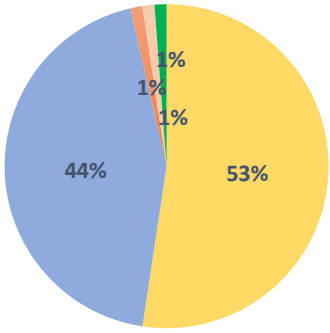


Ensino secundário (10º, 11º e 12º Anos)
Licenciatura
Mestrado
Doutoramento
Curso Profissional

Questão 4: Estado civil

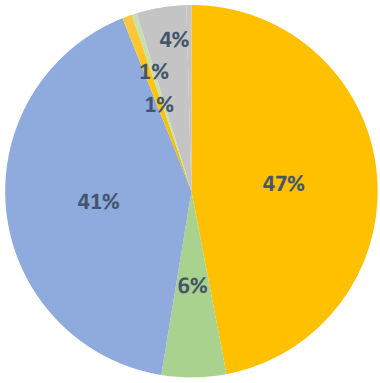


Solteiro
Casado/em união de facto
Viúvo
Divorciado ou Separado

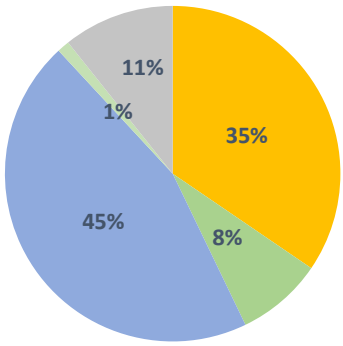


Solteiro
Casado
Viúvo
Sem resposta
Divorciado ou Separado

Questão 5: Situação profissional

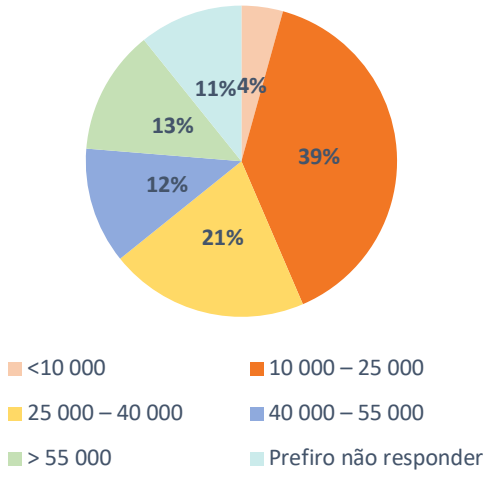


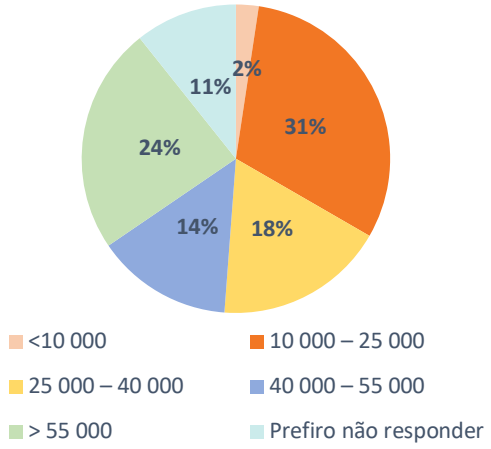
Estudante
Estudante-Trabalhador
Empregado(a) por conta de outrem
Empregado(a) por conta própria
Desempregado(a)
Reformado(a)/pensionista



Estudante
Estudante-Trabalhador
Empregado(a) por conta de outrem
Desempregado(a)
Reformado(a)/pensionista

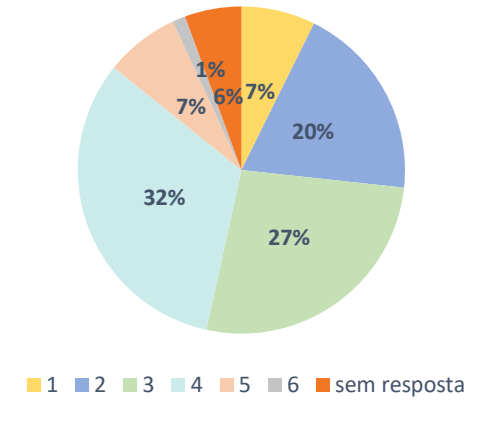
Questão 6: Pensando nos rendimentos do seu agregado familiar, diria que o seu rendimento familiar anual Bruto (em euros) é de:

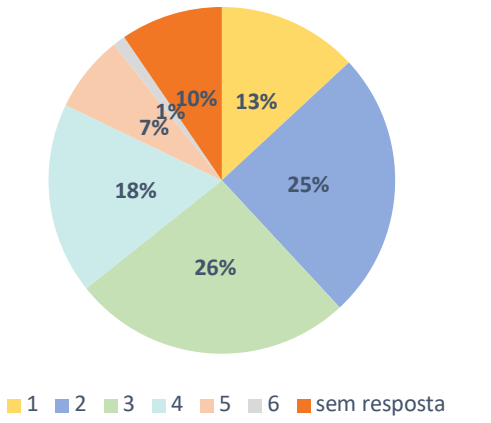




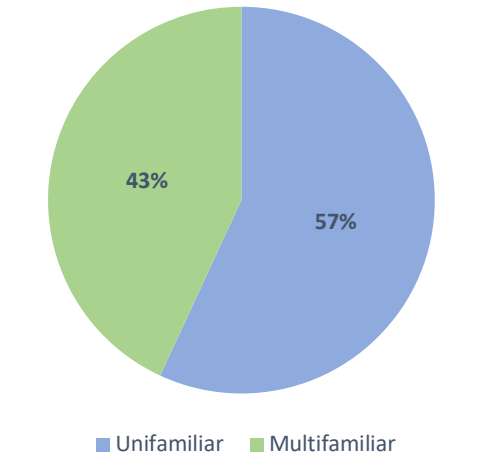
Secção II - Dados do sistema de gestão de resíduos
(A secção II incide sobre questões da gestão de resíduos (deposição, recolha de resíduos), questões comportamentais e questões quanto à perceção dos cidadãos em relação ao sistema PAYT)

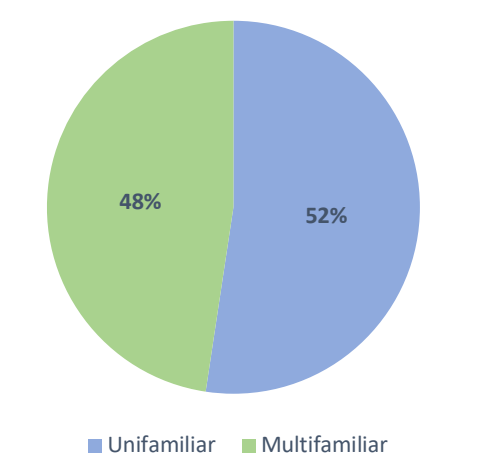
Questão 7: Número de elementos do seu agregado familiar



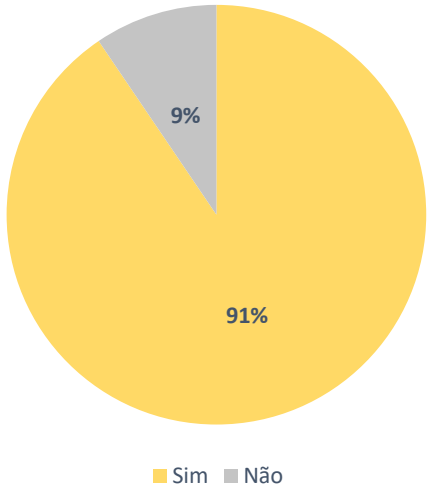


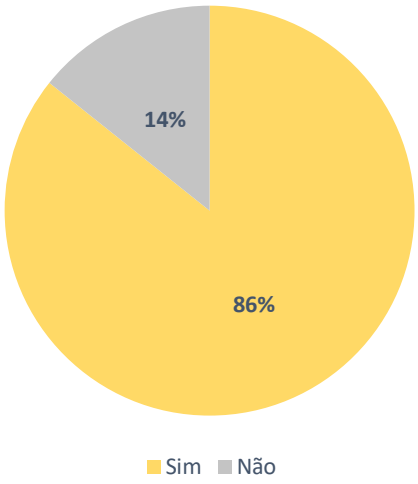
Questão 8: Qual o tipo de residência onde habita?



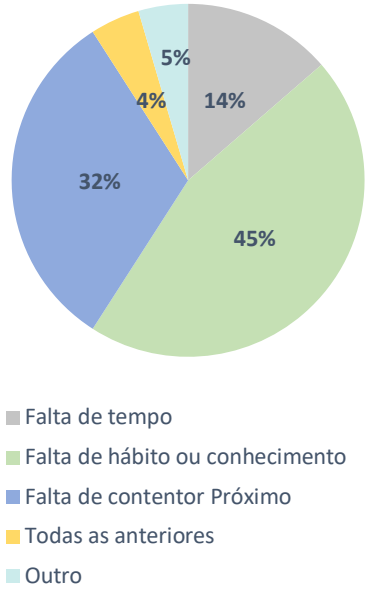


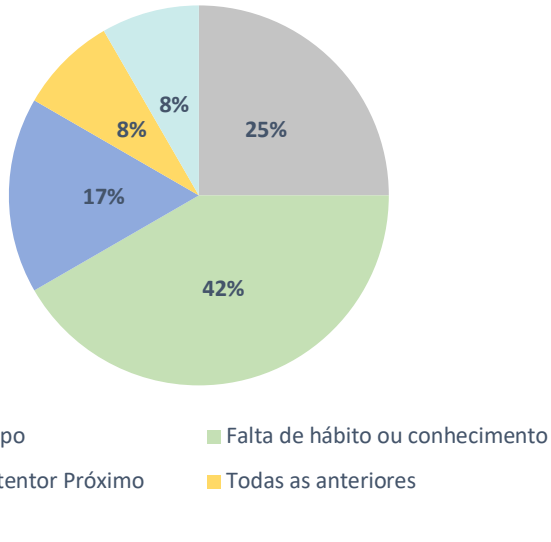
Questão 9: Realiza a separação de resíduos urbanos em casa?



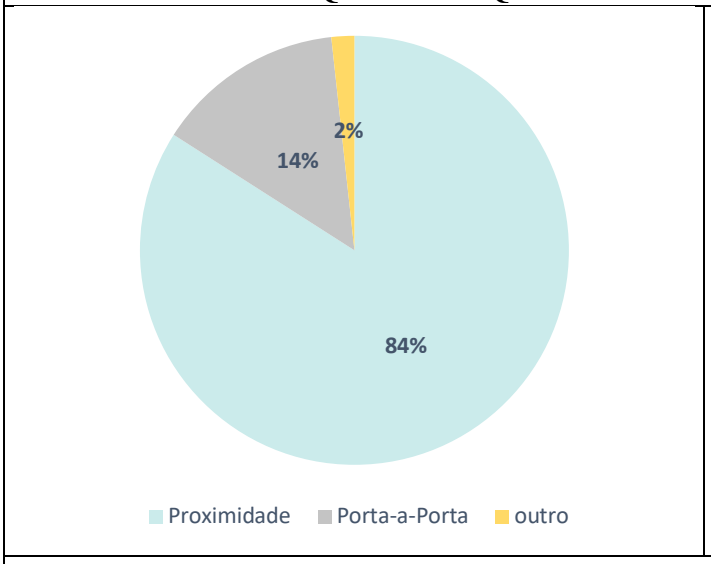


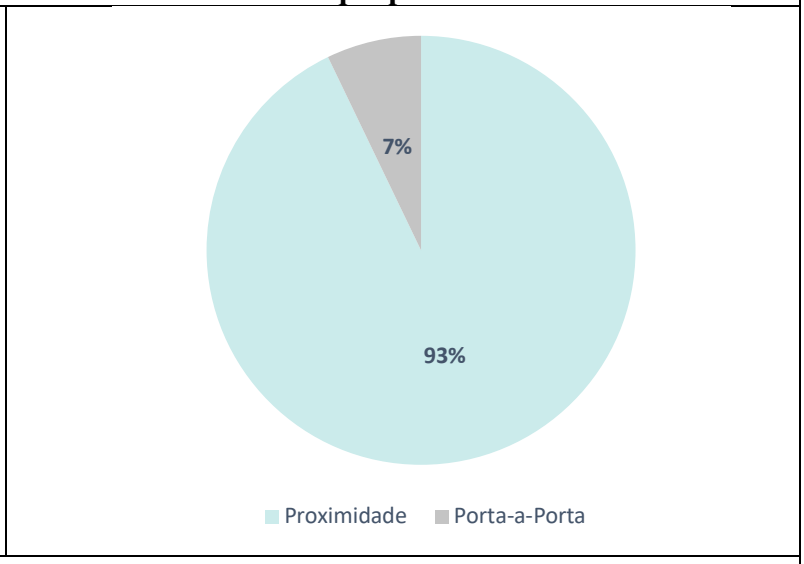
Questão 10: Os inquiridos que responderam "Não" à questão 9 (14%) foi questionado: Por que razão não faz a separação em sua casa?





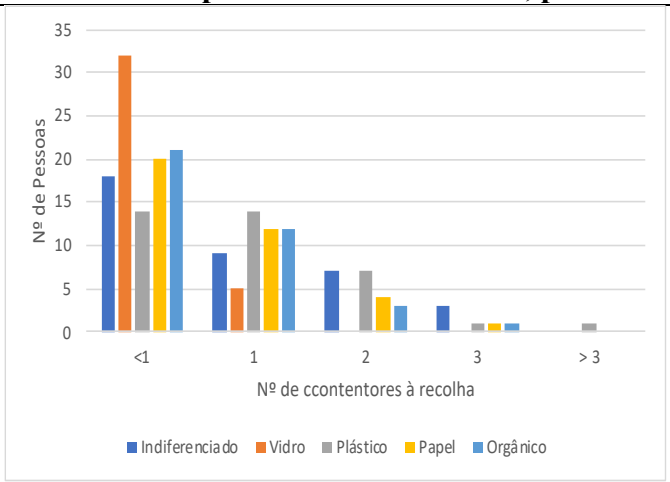
Questão 11: Qual é o sistema de recolha de resíduos que possui?

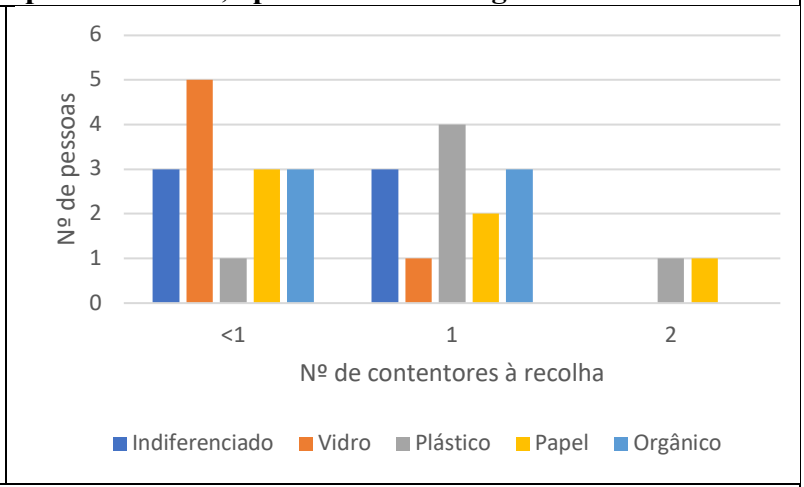




No caso de terem respondido "Porta-a-Porta" na questão 11

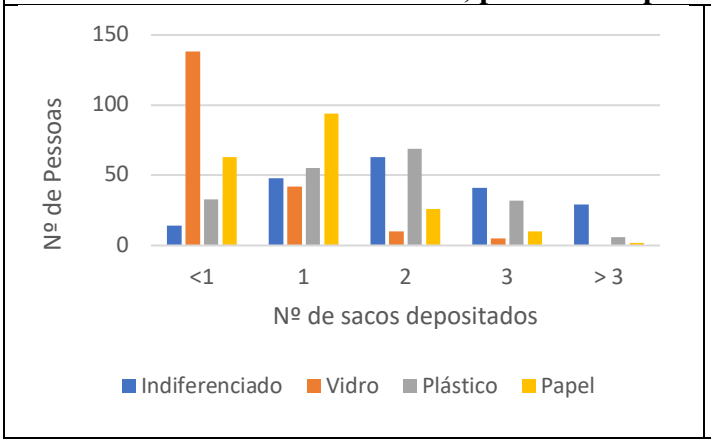
Questão 12: Em média, por semana, qual o número de contentores (de 140 litros), que estima que são produzidos em sua casa, para cada tipo de resíduos, apresentados de seguida?

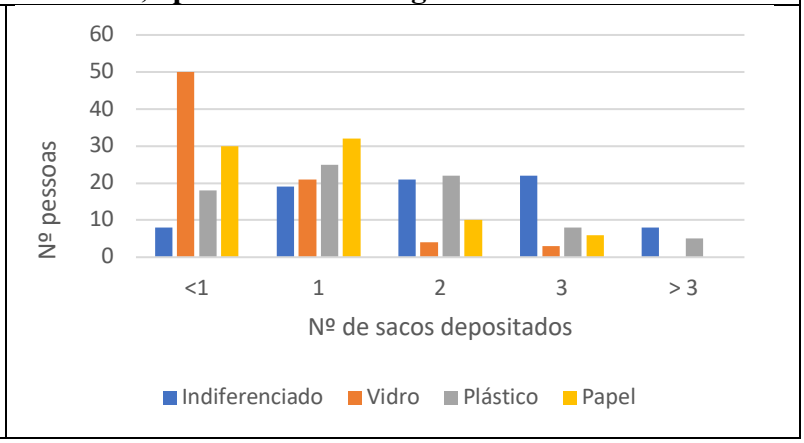




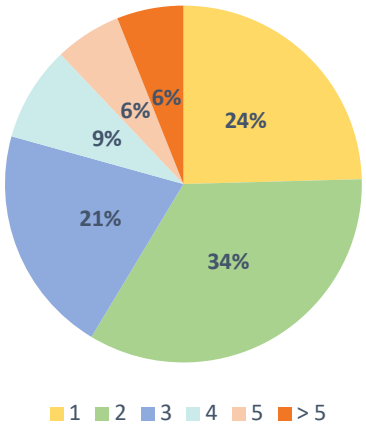
No caso de terem respondido "Proximidade" na questão 11

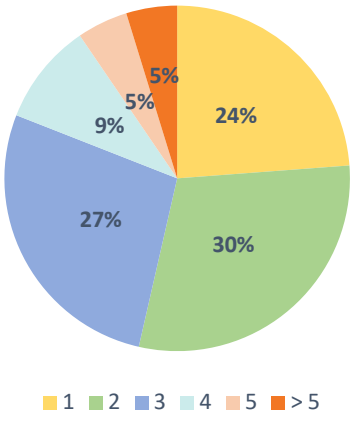
Questão 12: Em média, por semana, qual o número de sacos (de 30 litros), que estima que são produzidos em sua casa, para cada tipo de resíduos, apresentados de seguida?



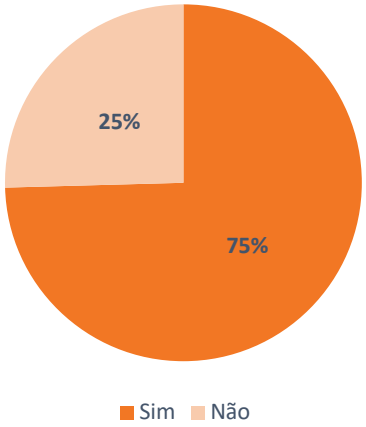


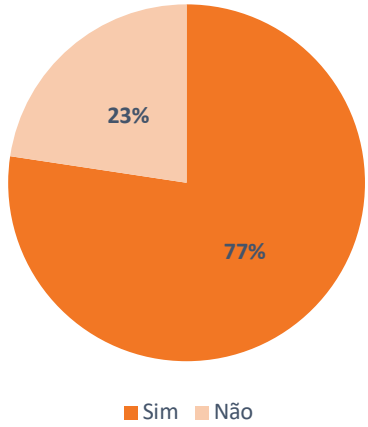
Questão 13: Em média, por semana, qual o número de vezes que coloca os resíduos indiferenciados (mistura de resíduos) para recolha Porta-a-porta ou no contentor coletivo?



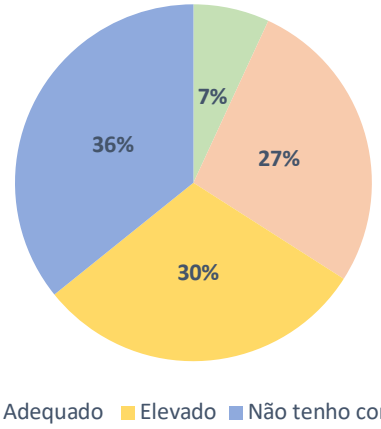


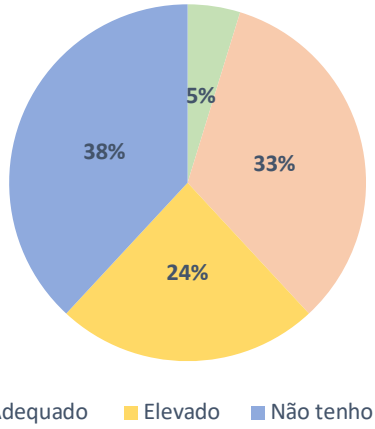
Questão 14: Antes de responder a este questionário, sabia que o custo que paga pela gestão dos resíduos está indexado à fatura da água?





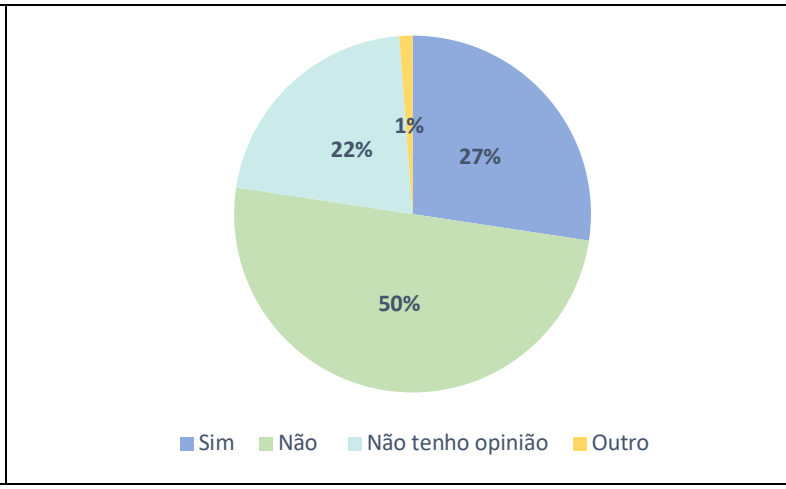
Questão 15: Considera que o valor que paga pela gestão de resíduos, é:



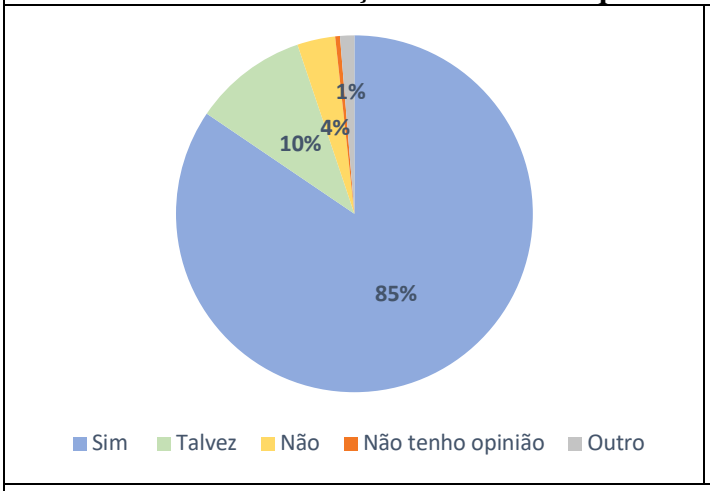


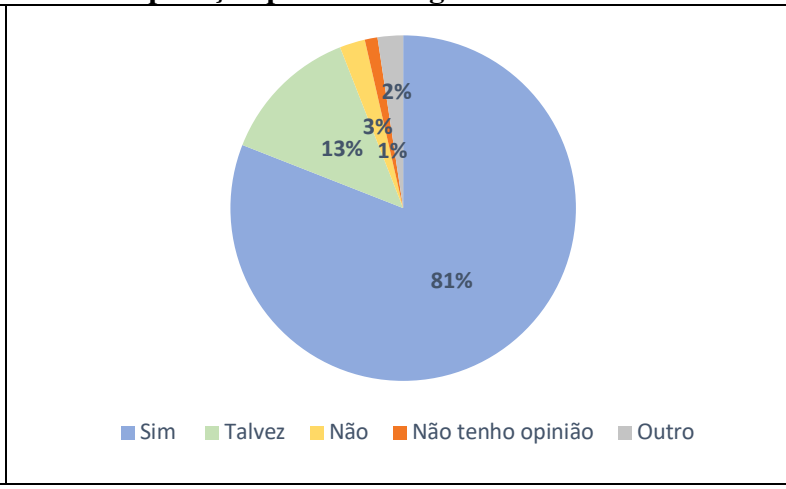
Questão 16: Concorda que se mantenha a taxa que paga pela gestão dos resíduos indexada à fatura da água e faturada de acordo com o seu consumo?



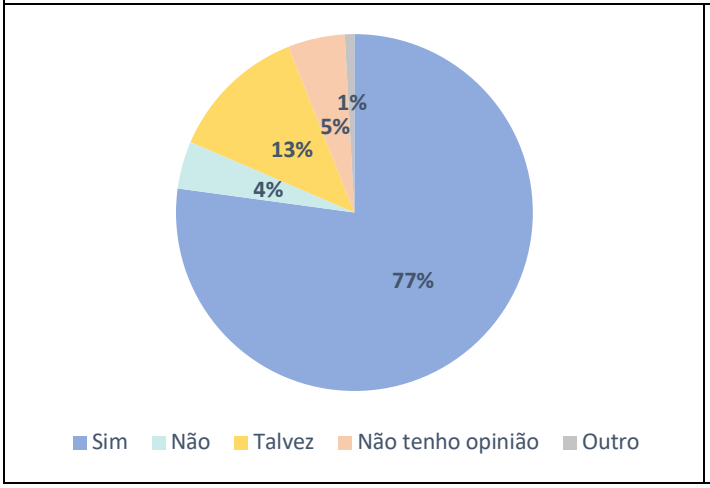


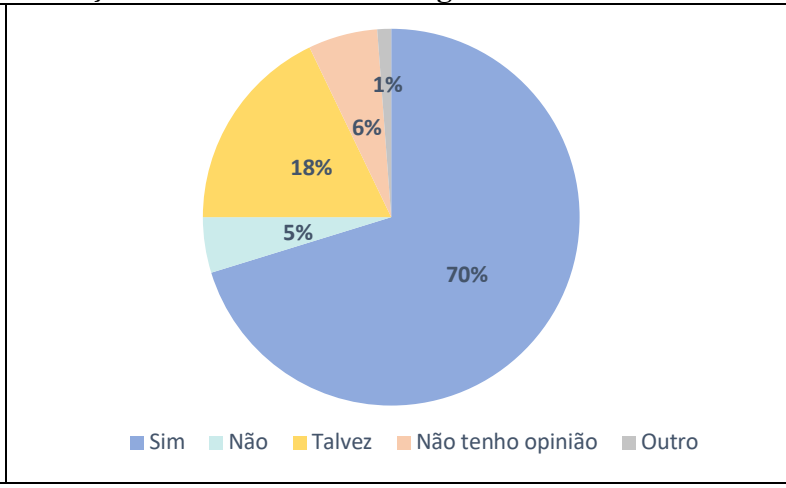
Questão 17: Concorda que os cidadãos que fazem a correta separação de resíduos sejam beneficiados em relação aos cidadãos que não fazem a separação para reciclagem?



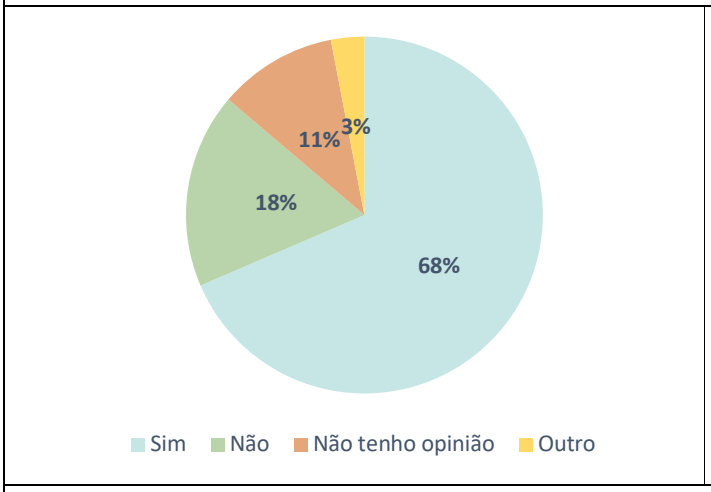


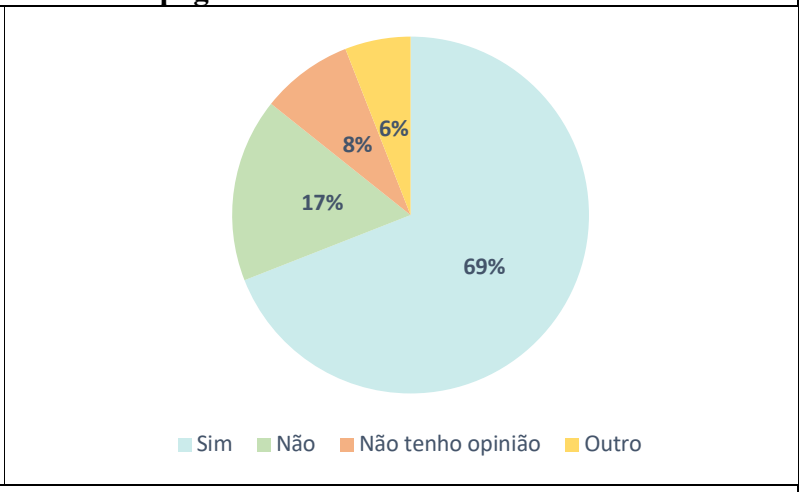
Questão 18: Concordaria que a cobrança dos resíduos fosse proporcional aos resíduos que são realmente descartados em vez da atual cobrança indexada à fatura da água?



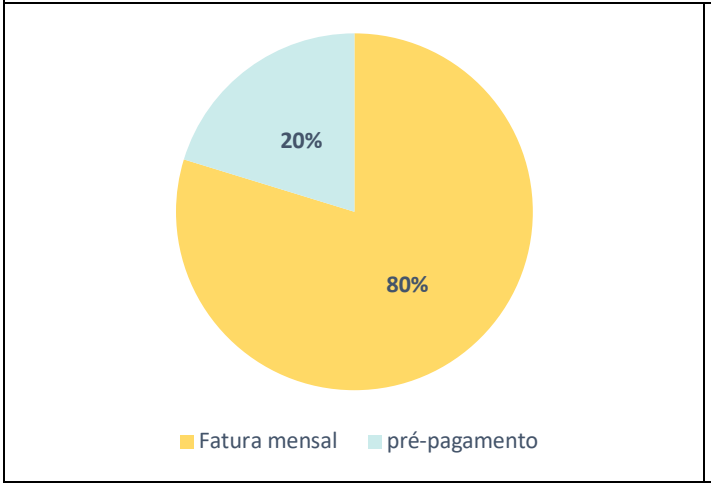


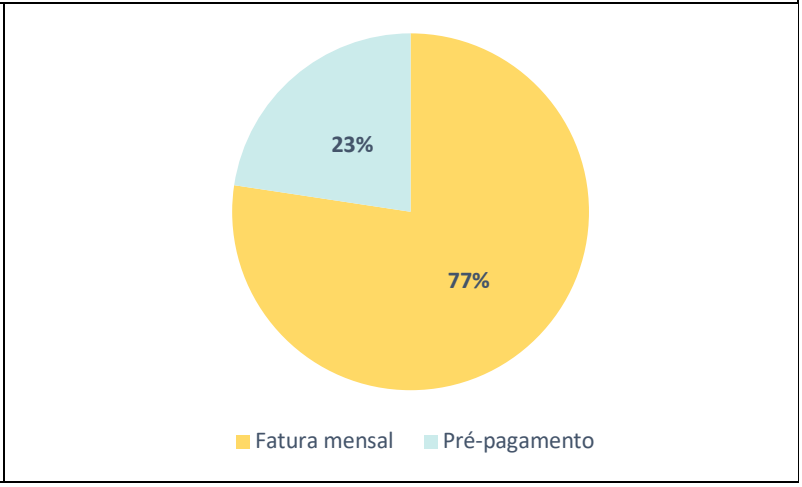
Questão 19: Concordaria com um sistema mais justo na cobrança dos resíduos, mesmo que isso implicasse um aumento da taxa a pagar?





Questão 20: Dos dois tipos de pagamento para um sistema PAYT, qual, na sua opinião, seria mais conveniente?





Na secção I do inquérito sobre os dados Dados Sociodemográficos que incidiu sobre questões de carácter sociodemográfico e pela análise dos resultados do inquérito:

- Verifica-se que do total de inquiridos, 55 % são do género feminino e 44 % do género masculino, sendo que a faixa etária predominante foi a dos 18-24, seguida dos 25-34 e 35-44 o que já seria de esperar uma vez que o inquérito foi divulgado via email na comunidade académica da Universidade do Porto.
- Quanto ao grau de escolaridade concluído, no total de respostas, obteve-se mais respostas de pessoas com licenciatura, seguido de mestrado e ensino secundário. Contudo, no total de inquiridos residentes no Município do Porto, constata-se que se obteve um maior número de respostas por parte de pessoas com o grau de doutoramento, seguido de grau de licenciado e grau de mestreado. Este aspeto é importante uma vez que o grau de escolaridade e

conhecimento por parte dos cidadãos pode demonstrar uma rejeição ou validação a um novo sistema tarifário e ajudar na compreensão da perceção dos cidadãos à mudança. Bem como, contribuir e delinear a forma como a campanha de comunicação e sensibilização, num futuro deverá ser praticada.

- Em relação ao estado civil verifica-se que tanto no total de inquiridos como os 84 inquiridos residentes no Município, a maior percentagem é solteira seguido de casado/em união de facto.
- No que diz respeito à situação profissional, dos 232 inquiridos, 47 % é estudante e 41 % está empregado por conta de outrem. Já os 84 inquiridos portuenses, 35% é estudante e 45 % está empregado por conta de outrem, 11% é reformado/pensionista e 8% estudante-trabalhador. Quanto ao rendimento familiar anual bruto do agregado familiar, os resultados dividem-se por todas as opções, no entanto, a maior percentagem está compreendida no intervalo de 10 000 – 25 000 euros seguida do intervalo de 25 000 – 40 000 no total de inquiridos e do intervalo de > 55 000 nos inquiridos do Porto. Estes dados são relevantes uma vez que a situação profissional e o rendimento familiar do agregado, serão importantes na aceitação e na concretização de um sistema PAYT em consequência de terem de pagar mais com a mudança tarifária, caso se verifique o aumento da tarifa no sistema PAYT.

Na secção II do inquérito sobre os dados do sistema de gestão de resíduos que incidiu primeiramente, em questões sobre a deposição e recolha de resíduos e em segundo, sobre questões comportamentais e de perceção dos cidadãos em relação ao sistema PAYT.

- Verificou-se que a maioria dos agregados familiares dos inquiridos do Porto são constituídos por 2 ou 3 elementos (25%/26%) valor coincidente com a média de 2,32 de elementos/agregado, segundo os Censos para o Município do Porto, do qual o valor modal foi de 3 elementos; 18 % são constituídos por 4 elementos, 13 % por 1 elemento, 7 % por 5 elementos ,1 % por 6 elementos e 10 % não respondeu.; o máximo de elementos do agregado familiar dos inquiridos do Porto, foi de 6 elementos no máximo e o mínimo de 1 pessoa.
- Quanto à tipologia de residência onde habita, verifica-se que os resultados da amostra total e da amostra do Porto foram muito semelhantes, 43 % e 48 % em habitações multifamiliares, respetivamente em cada amostra e 57 % e 52 %

habitações unifamiliares, respetivamente sendo a resposta mais frequente a habitação unifamiliar.

- Quanto à questão 9, se realiza a separação de resíduos verifica-se que 91 % da amostra total diz que separa e apenas 9 % diz que não realiza a separação. No entanto, verifica-se que na amostra dos inquiridos residentes no Porto 86 % realiza a separação e 14 % diz não realizar a separação. Isto demonstra que das 84 pessoas que responderam ao inquérito sendo residentes do Município do Porto, 12 pessoas não realizam a separação. Este indicador poderá ser importante para salientar que um sistema PAYT poderá ser benéfico no Município do Porto e alterar comportamentos.
- Ao questionar o porquê de os 12 inquiridos não fazerem a separação de resíduos: 42 % (5 pessoas) pessoas refere que o motivo é a "falta de hábito ou conhecimento"; 25 % (3 pessoas) pessoas refere "falta de tempo"; 17 % o que (2 pessoas) refere a "falta de contentor próximo". Visto que a resposta mais frequente foi "falta de hábito ou conhecimento" constata-se que há a necessidade de intensificar a comunicação com o munícipe de forma a que compreendam a importância da separação na origem. Contudo, foi possível verificar que dos 12 inquiridos que responderam que não fazem a separação, 4 são da faixa etária dos 18-24, 4 dos 25-34, 3 dos 35-44 e 1 dos 45-54; em relação ao último grau de escolaridade concluído, 2 inquiridos tem o grau de ensino secundário, 3 de licenciatura, 5 mestrado e 1 um curso profissional. Verifica-se assim que independentemente da qualificação da pessoa e idade, há necessidade de sensibilizar as pessoas no sentido de lhes incutir um melhor comportamento.
- Em relação ao sistema de recolha de resíduos que possui, 93 % (78) dos inquiridos possui deposição/recolha do contentor de proximidade e 7 % (6) possui recolha porta-a-porta. Este facto é concordante com o número de munícipes que estão abrangidos pelo PaP residencial uma vez que são aproximadamente 2 % da população total do Município.
- Os 6 inquiridos que dispõe de recolha porta-a-porta, à questão "em média, por semana, qual o número de contentores (140 litros) que estima que são produzidos em casa por cada tipo de resíduo" verifica-se que quanto aos resíduos indiferenciados, 3 afirmam produzir menos de 1 contentor e 3 afirmam

produzir 1 contentor; quanto vidro 5 afirmam produzir menos de 1 contentor e 1 afirma produzir 1 contentor; quanto ao plástico, 1 afirma produzir menos 1 contentor, 4 afirmam produzir 1 contentor e 1 afirma produzir 2 contentores; quanto ao papel, 3 afirmam produzir menos de 1 contentor, 2 afirmam produzir 1 contentor e 1 afirma produzir 2 contentores; quanto ao orgânico 3 afirmam produzir menos de 1 contentor e 3 afirmam produzir 1 contentor.

- Dos 78 inquiridos do Município, 8 referem que depositam em média de resíduos indiferenciado menos de 1 saco por mês, 19 referem que depositam 1 saco, 21 depositam 2 sacos, 22 depositam 3 sacos e 8 depositam mais de 3 sacos; relativamente ao vidro, 50 referem depositar menos de 1 saco, 21 depositam 1, 4 depositam 2 sacos e 3 depositam 3 sacos; quanto ao plástico, 18 referem depositar menos de 1, 25 depositam 1 saco, 22 depositam 2 sacos, 8 depositam 3 sacos e 5 depositam mais de 3 sacos; em relação ao papel, 30 referem depositar menos de 1 saco, 32 depositam 1 saco, 10 depositam 2 sacos e 6 depositam 3 sacos. É assim possível analisar que existe uma maior produção de resíduos indiferenciados à semelhança dos resíduos da seletiva multimaterial. Este dado é importante para compreender a perceção da população quanto à percentagem de resíduos que encaminham para reciclagem e a percentagem de resíduos indiferenciados que produzem e como um sistema PAYT poderia inverter esta realidade.
- À questão "qual o número de vezes que coloca os resíduos indiferenciados para recolha" verifica-se que 24 % (20) dos inquiridos depositam semanalmente os resíduos indiferenciados, 30 % (25) diz fazê-lo 2 vezes por semana, 27 % (23) diz fazê-lo 3 vezes por semana, 9 % (8) 4 vezes por semana, 5 % (4), 5 vezes por semana e 5 % (4), mais de 5 vezes por semana. Estes dados demonstram que a resposta mais frequente é a colocação para recolha 2 vezes por semana, seguida de 3 vezes por semana e logo a seguir de 1 vez por semana. A colocação por semana de resíduos indiferenciados com um grande grau de frequência (de 4 a mais de 5 vezes por semana) corresponde à minoria de 19 % dos inquiridos.
- À questão 14 se o inquirido tem conhecimento do custo que paga pela gestão de resíduos estar indexado à fatura da água, verificou-se que existem munícipes que não tem conhecimento que a tarifa de RU está indexada ao consumo de água, 23 % que corresponde a 19 inquiridos dos 84 do Município do Porto. Este fator é importante visto que é essencial as pessoas compreenderam como

funciona o sistema de faturação para que possam compreender a mudança para um novo sistema tarifário, indexado à produção de resíduos indiferenciados.

- À questão 15, se considera que o valor que paga pelos resíduos, 38 % (32 inquiridos) diz não ter conhecimento, 33% (28 inquiridos) diz o custo ser adequado, 24 % (20 inquiridos) diz o custo ser elevado e 5 % (4 inquiridos) diz o custo ser baixo. Verifica-se assim que a maior parte dos inquiridos, não tem o conhecimento do custo que paga da tarifa RU e isso leva a um desconhecimento que não é favorável na mudança para um novo sistema tarifário e 28 dos inquiridos considerar que o custo que paga atualmente é elevado, não é igualmente favorável na transição, caso o custo do sistema PAYT cause um aumento do custo da tarifa. Estes aspetos podem ser fortes inconvenientes e podem manifestar a possível resistência à mudança.
- Relativamente à pergunta se concordaria que o custo que paga pelos resíduos continuar indexado à fatura da água e ao seu consumo, verificou-se que 50 % (42 inquiridos) considera que não deveria se manter indexada ao consumo da água, 27 % (23 inquiridos) concorda em manter a atual indexação, 22 % (18 inquiridos) diz não ter opinião e 1 % (1 inquirido) considera que até existir uma metodologia mais adequada, a indexação ao consumo da água é oportuna. Assim, constata-se que a resposta mais frequente e mais de metade dos inquiridos do Município do Porto, considera que o custo dos resíduos não deveria se manter indexado ao consumo da água. Este aspeto é fundamental no sentido de compreender a perceção do munícipe à mudança e neste sentido, as respostas foram maioritariamente favoráveis para a mudança.
- Relativamente à questão 17, se os cidadãos que fazem a correta separação de resíduos deveriam ser beneficiados em relação aos cidadãos que não fazem a reciclagem, verifica-se que 81 % (68 inquiridos) consideram que sim, 13 % (11 inquiridos) respondeu "Talvez", 3 % (2 inquiridos) respondeu que "Não" e 1 % (1 inquirido respondeu "Não tenho opinião" e 2 % (2 inquiridos) consideraram outra resposta. Mais uma vez, é possível verificar que a maioria dos cidadãos consideram mais justo um sistema que seja possível de beneficiar quem faz a correta separação dos que não a fazem.
- À questão 18, se concordaria que a cobrança dos resíduos fosse proporcional aos resíduos que produz, ou seja, a um sistema do tipo PAYT, verificou-se que

70 % (59 inquiridos) consideram que "Sim", 18 % (15 inquiridos), responderam "Talvez", 6 % (5 inquiridos) responderam "Não tenho opinião", 4 % (4 inquiridos) responderam "Não". Isto demonstra, mais uma vez, que na amostra obtida dos munícipes do Porto, haveria uma aceitação e aprovação a um sistema PAYT uma vez que, a resposta mais frequente ser concordante com a mudança de sistema.

- À questão 19, se o inquirido concordaria com um sistema do tipo PAYT mesmo que isso implicasse um aumento na faturação de cobrança dos resíduos, verificou-se que 69 % (58 inquiridos) responderam que "Sim", 17 % (14 inquiridos) responderam que "Não", 8 % (7 inquiridos) responderam que "Não tenho opinião" e 6 % (5 inquiridos) responderam outras sugestões de como poderia ser cobrada tarifa de resíduos como por exemplo um dos inquiridos referiu: "O custo da recolha dos resíduos deve suportado pelo IMI.". Novamente da análise às respostas reconhece-se que existe concordância dos munícipes do Porto, na mudança de um novo sistema tarifário.
- Relativamente à questão 20, de entre os tipos de faturação PAYT (fatura mensal ou pré-pagamento) o inquirido consideraria mais conveniente, verificou-se sem dúvida que a maioria dos inquiridos considera a fatura mensal como método mais conivente de cobrança dos resíduos que correspondeu a 77 % das respostas (65 inquiridos) e apenas 23 % (19 inquiridos) consideraram mais conivente o método de pré-pagamento. Este indicador poderá ser bastante útil na escolha do método de faturação de um sistema PAYT, visto que, se os munícipes considerarem o pagamento mais conivente, haverá menos resistência à mudança.