

Artigo submetido a 28 de junho 2023; versão final aceite a 24 de outubro de 2023  
Paper submitted on June 28, 2023; final version accepted on October 24, 2023  
DOI: <https://doi.org/10.59072/rper.vi69.639>

# **Proposal for the Collection Systems and Valorization of Biowaste: A Study for the Municipalities Association of Cova da Beira**

## **Proposta de Sistemas de Recolha e Valorização de Biorresíduos: Um Estudo para a Associação de Municípios da Cova da Beira**

**Fátima David**

*sdavid@ipg.pt*

Research Centre for Accounting and Taxation (CICF), IPCA, Barcelos; Unit for the Development of the Interior (UDI - IPG); Polytechnic of Guarda (Portugal)

**Pedro Rodrigues**

*prodrigues@ipg.pt*

Chemistry Research Unit (CIQUP), University of Porto (FCUP); Unit for the Development of the Interior (UDI - IPG); Polytechnic of Guarda (Portugal)

**Elisabete Soares**

*esoares@ipg.pt*

Unit for the Development of the Interior (UDI - IPG); Polytechnic of Guarda (Portugal)

**Elisabete Monteiro**

*emonteiro@ipg.pt*

INESC Coimbra, Faculty of Sciences and Technology of University of Coimbra; Unit for the Development of the Interior (UDI - IPG); Polytechnic of Guarda (Portugal)

**Nuno Melo**

*nuno\_melo@ipg.pt*

Unit for the Development of the Interior (UDI - IPG); Polytechnic of Guarda (Portugal)

**Jorge Gregório**

*jgregorio@ipg.pt*

Unit for the Development of the Interior (UDI - IPG); Polytechnic of Guarda (Portugal)

**Ricardo Rodrigues**

*rmrodrigues@ipg.pt*

Polytechnic of Guarda (Portugal)

### **Resumo**

Esta investigação tem por objetivo identificar as melhores soluções para implementar sistemas de recolha de biorresíduos num conjunto de municípios da Região Centro de Portugal, dos distritos de Castelo Branco e da Guarda, através da reciclagem na origem e/ou da recolha seletiva, no sentido de valorizar e reduzir os impactes ambientais deste tipo de resíduos. A reciclagem na origem e a recolha seletiva diferenciam-se pelo seu método de tratamento: a primeira recorre a compostores domésticos, compostores comunitários e biocompostores, responsabilizando os cidadãos pelo

tratamento dos seus biorresíduos; e a segunda consiste no processo de recolha seletiva dos resíduos sólidos, separados por tipo de material (vidro, papel, plástico, biorresíduos, entre outros) para que possam ser reciclados pelas infraestruturas disponibilizadas pelos municípios. Contudo, ambas as modalidades são complementares na resposta às necessidades económicas e ambientais da sociedade. Metodologicamente, desenvolve-se uma dupla abordagem: inicialmente efetua-se a revisão de literatura, com base na legislação que propõe medidas de proteção do ambiente e da saúde humana, por meio da prevenção ou redução de resíduos; e, posteriormente, uma análise estatística descritiva, suportada na informação disponibilizada pelo conjunto de municípios, que evidencia os recursos económico-financeiros necessários para suportar o investimento requerido num período de dez anos.

*Palavras-Chave:* Biorresíduos, Reciclagem, Valorização, Recolha seletiva, Municípios, Portugal.

*Código JEL:* Q5, Q53

### Abstract

This research aims to identify the best solutions to implement biowaste collection systems in a group of municipalities in Center of Portugal, Castelo Branco and Guarda districts, either through recycling at the source or selective collection, to valorize and reduce the impacts of this type of waste disposal. The recycling at the source and the selective collection are differentiated by their treatment method: the first, which uses domestic and community composters, and biocomposters, makes citizens responsible for the treatment of their biowaste; and the second consists of the process of collecting waste placed in eco-points, separated by type of material (glass, paper, plastic, biowaste, among others waste) so that they can be recycled by the infrastructures provided by the municipalities. However, both methods are complementary to respond to society's economic and environmental needs. Methodologically, this research relied on a two-track approach. Initially, a literature review is carried out, based on the legislation that proposes measures to protect the environment and human health by preventing or reducing waste. Subsequently, a descriptive statistical analysis, supported by the information provided by the group of municipalities, shows the economic and financial resources needed to support the investment required over a period of ten years.

*Keywords:* Biowaste, Recycling, Valorization, Selective collection, Municipalities, Portugal.

*JEL Code:* Q5, Q53

## 1. INTRODUÇÃO

A existência de sistemas de recolha de resíduos, em geral, e de biorresíduos, em particular, está ligada à persecução do desenvolvimento sustentável (Mehta *et al.*, 2018; Laso *et al.*, 2019), de forma a melhorar as condições de vida e a preservação do meio social, económico e ambiental a curto e, sobretudo, a médio e longo prazo, devendo os mesmos responder às necessidades do presente sem comprometer a capacidade de crescimento das gerações futuras. De acordo com a Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro de 2008, biorresíduos são: “resíduos de jardim biodegradáveis, os resíduos alimentares e de cozinha das habitações, dos restaurantes, das unidades de catering e de retalho e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos”.

Nestes termos, sendo da responsabilidade municipal efetuar a separação, a reciclagem na origem e a recolha seletiva de biorresíduos, compete aos mesmos definir, segundo critérios económicos, ambientais e territoriais, a melhor forma de os gerir, seja por meios próprios, seja através da contratação de entidades externas. Também a estratégia de economia circular nacional, aprovada pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 190-A/2017, de 11 de dezembro, defende uma

economia que promova ativamente o uso eficiente e a produtividade dos recursos por ela dinamizados, através de produtos, processos e modelos de negócio assentes na desmaterialização, reutilização, reciclagem e recuperação dos materiais. Com isso, procura-se maximizar o valor económico e a utilidade dos materiais pelo maior tempo possível, em ciclos energizados por fontes renováveis, com vantagens económicas para fornecedores e utilizadores, e vantagens ambientais decorrentes de menor extração e importação de matérias-primas, redução na produção de resíduos e redução de emissões associadas. Deste modo, a mudança de estratégias que promovem aplicações úteis de materiais, para estratégias de produção e utilização inteligente, conduzem a comportamentos sociais e ambientais cada vez mais sustentáveis.

Na concretização do anteriormente enunciado, esta investigação tem por objetivo identificar as melhores soluções para implementar sistemas de recolha de biorresíduos em 14 municípios da Região Centro de Portugal, nomeadamente nos municípios de Almeida, Belmonte, Celorico da Beira, Covilhã, Figueira de Castelo Rodrigo, Fornos de Algodres, Fundão, Guarda, Manteigas, Mêda, Penamacor, Pinhel, Sabugal e Trancoso, para que os biorresíduos sejam separados e reciclados na origem, ou recolhidos seletivamente com a máxima eficiência pelos sistemas municipais em baixa e devidamente encaminhados para tratamento nas infraestruturas do sistema em alta, de modo a obter benefícios económicos e ambientais globais na sua valorização, evitando custos e, simultaneamente, impactes decorrentes da necessidade de eliminação deste tipo de resíduos.

Assim, metodologicamente desenvolve-se, numa primeira parte, uma análise teórica relativa à revisão da legislação que propõe medidas de proteção do ambiente e da saúde humana, por meio da prevenção ou redução da geração de resíduos; e numa segunda parte, através do método de caso de estudo (Yin, 2008), com recurso à análise qualitativa e à análise estatística descritiva, complementada com o método narrativo de tipo interpretativo da informação disponibilizada pelo conjunto dos municípios abrangidos no estudo, evidenciam-se os recursos económico-financeiros necessários para suportar o investimento requerido num período de dez anos. O presente artigo encontra-se estruturado da seguinte forma, para além da presente introdução: no ponto 2, revisão da legislação relativa à prevenção ou redução da produção de resíduos, em geral, e dos biorresíduos, em particular; no ponto 3, caracterização da área geográfica de intervenção na investigação; no ponto 4, caracterização da produção e gestão dos biorresíduos; no ponto 5, com base no método de caso de estudo, apresentam-se os pressupostos metodológicos; no ponto 6, apresenta-se a proposta de sistemas de recolha de biorresíduos nos municípios em referência; e, no ponto 7, a conclusão da investigação realizada.

## 2. REVISÃO DA LEGISLAÇÃO

As alterações climáticas, a perda de biodiversidade e o aumento da poluição, em geral, levaram a Comissão Europeia a apresentar em 11 de dezembro de 2019 o “*Pacto Ecológico Europeu*” (PEE), COM (2019) 640 final. Este define a política de crescimento da UE para os próximos anos, no sentido de se conseguir, até 2050, a neutralidade carbónica através da “*Lei Europeia do Clima*”, na qual se pretende introduzir o custo do carbono na economia, nomeadamente através da sua internalização no preço dos produtos. De igual modo, o “*Plano de Ação para a Economia Circular*”, um dos alicerces do PEE, procura o desenvolvimento de um sistema de produção e consumo mais sustentável, na procura da neutralidade carbónica e da preservação da biodiversidade, já que mais de metade das emissões produzidas a nível mundial, e mais de 90% da perda de biodiversidade e stress hidrológico, está relacionada com a extração e o processamento de recursos naturais. Neste contexto, a prevenção da produção de resíduos e a reciclagem surgem como uma das prioridades, com a definição de metas de reciclagem ambiciosas e, sobretudo, com o objetivo de evitar a produção de resíduos, procurando que, nos processos produtivos, as matérias-primas secundárias possam substituir as matérias-primas extrativas.

Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, que transpõe para o direito nacional a Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, relativa aos resíduos, entre outros, introduziu a obrigatoriedade de se implementarem redes de recolha seletiva de biorresíduos ou proceder à sua separação e reciclagem na origem. Assim, este normativo indica que, de forma a reduzir a deposição em aterro, se deve procurar garantir que, a

partir de 2030, os aterros não possam aceitar quaisquer resíduos apropriados para reciclagem ou outro tipo de valorização, nomeadamente resíduos urbanos. Também foram estabelecidas novas metas de preparação para a reutilização e reciclagem para os anos de 2025 (55%), 2030 (60%) e 2035 (65%), e alterada a metodologia de cálculo das taxas de reciclagem, além da meta (10%) para a deposição em aterro de apenas materiais inertes, ou cuja valorização não possa ser conseguida. Esta revisão procura potenciar e garantir a gestão dos resíduos urbanos, em conformidade com a prioridade das soluções definidas pela “*hierarquia das opções de gestão de resíduos*”.

À luz do Decreto-Lei em referência, e no que respeita aos biorresíduos, Portugal é obrigado a assegurar a sua recolha seletiva ou a sua separação e reciclagem na origem até 31 de dezembro de 2023. Os biorresíduos recolhidos seletivamente não podem ser incinerados, nem depositados em aterro. A quantidade de resíduos urbanos biodegradáveis que entra no tratamento aeróbio ou anaeróbio pode ser contabilizada como reciclada quando esse tratamento gerar um composto (Fan *et al.*, 2018; Cesaro *et al.*, 2019; Pavlas *et al.*, 2020) destinado a ser utilizado como produto, material ou substância reciclada. Caso o resultante do tratamento seja utilizado nos solos, este só pode ser contabilizado como reciclado se desta utilização resultar um benefício para a agricultura ou uma melhoria ambiental. Contudo, não podem ser contabilizados para o cumprimento das metas de reciclagem, os materiais que deixam de ser resíduos e que se destinam a ser utilizados como combustíveis ou outros meios de produção de energia, ou a serem incinerados, utilizados como enchimento ou depositados em aterro.

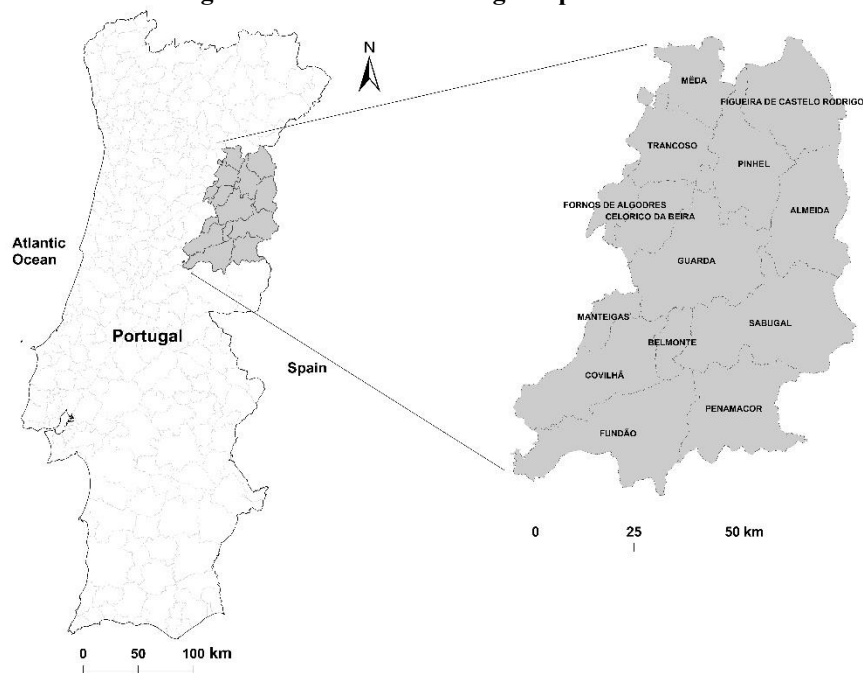
Os biorresíduos fazem parte do nosso dia-a-dia, constituindo, em média, cerca de 37% dos resíduos indiferenciados (EGF, 2012), ou seja, do conteúdo dos “caixotes do lixo”. A presença dos biorresíduos nos indiferenciados, devido à sua degradação geram maus-cheiros, além de não permitir, ou dificultar, que muitos dos materiais, que ainda são depositados nos resíduos indiferenciados, possam ser recuperados numa posterior separação nas linhas de triagem. Este procedimento representa também uma perda importante de nutrientes que podem ser colocados nos solos agrícolas e florestais, além de constituírem um repositório de carbono no solo. A reciclagem dos biorresíduos pode, assim, contribuir para a melhoria do pH e da retenção de água no solo, o que, num território cada vez mais ameaçado pela seca, é um aspeto particularmente importante, permitindo ainda a substituição, com vantagem ambiental e económica, de fertilizantes inorgânicos e/ou minerais. Ao separar os biorresíduos retira-se a componente responsável pelos Gases com Efeito de Estufa (GEE) nos aterros e canaliza-se todo o seu potencial para sistemas de tratamento que permitem obter um composto orgânico de qualidade superior, além da valorização energética que pode ser conseguida através da geração de biogás. Todos estes benefícios indiretos da recolha seletiva de biorresíduos, e a sua aplicação no setor agrícola nacional, podem contribuir para a mitigação de emissões de GEE.

De acordo com o Plano Nacional de Energia e Clima (PNEC), aprovado pela Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10 de julho, a reciclagem dos biorresíduos poderá contribuir de forma positiva para a neutralidade carbónica em 2050, assim como contribuir para a estratégia nacional de economia circular, sem esquecer os impactos associados à criação de emprego. Como em Portugal a responsabilidade pela recolha seletiva e pela reciclagem na origem dos biorresíduos cabe aos municípios, entidades gestoras em baixa, devendo estes articular-se com as entidades gestoras em alta, responsáveis pelo tratamento e valorização dos mesmos, o Fundo Ambiental, enquanto instrumento financeiro de apoio à política ambiental do Governo, através do Despacho n.º 7262/2020, de 17 de julho, criou o “*Programa de Apoio à Elaboração de Estudos Municipais para o Desenvolvimento de Sistemas de Recolha de Biorresíduos*”.

### 3. ÁREA GEOGRÁFICA DE INTERVENÇÃO

Os municípios envolvidos no estudo abrangem uma área de 6 132,36 km<sup>2</sup> e um total de 14 Concelhos da Região Centro de Portugal Continental (cfr. **Figura 1**).

**Figura 1 – Concelhos abrangidos pelo estudo**



Fonte: DGT (2019).

Os municípios em referência, à semelhança da totalidade dos municípios da Região Centro, seguem uma tendência de perda significativa de população, tendo em 2019 registado um decréscimo de 21 118 habitantes (-10,41%), face aos valores do recenseamento geral da população de 2011 (cfr. **Tabela 1**), quando a população residente na área geográfica abrangida pelos 14 municípios que integram este estudo perfazia um total de 202 957 habitantes (INE, 2020). Com 181 839 residentes em 2019, os municípios abrangidos pelo estudo agregam 8,2% da população total residente na Região Centro. Por outro lado, a população residente associada à extensa área de influência do estudo justifica a baixa densidade populacional que a mesma apresenta (29,65 habitantes por km<sup>2</sup>).

**Tabela 1 – População residente e densidade populacional, em 2011 e 2019**

	População residente			Área (2019) km <sup>2</sup>	Densidade populacional (2019) Habitantes/km <sup>2</sup>
	2011	2019	2019/2011 (%)		
<b>Portugal</b>	10 562 178	10 295 909	-2,52	92 225,61	111,6
<b>Centro</b>	2 327 755	2 217 285	-4,75	28 199,35	78,6
<b>Área do estudo</b>	202 957	181 839	-10,41	6 132,36	29,65
<b>Almeida</b>	7 242	5 830	-19,50	517,98	11,3
<b>Belmonte</b>	6 859	6 398	-6,72	118,76	53,9
<b>Celorico da Beira</b>	7 693	6 928	-9,94	247,22	28,0
<b>Covilhã</b>	51 797	46 787	-9,67	555,60	84,2
<b>Figueira de Castelo Rodrigo</b>	6 260	5 584	-10,80	508,57	11,0
<b>Fornos de Algodres</b>	4 989	4 528	-9,24	131,45	34,4
<b>Fundão</b>	29 213	26 495	-9,30	700,20	37,8
<b>Guarda</b>	42 541	38 969	-8,40	712,10	54,7
<b>Manteigas</b>	3 430	3 007	-12,33	121,98	24,7
<b>Mêda</b>	5 202	4 587	-11,82	286,05	16,0
<b>Penamacor</b>	5 682	4 755	-16,31	563,71	8,4
<b>Pinhel</b>	9 627	8 511	-11,59	484,52	17,6
<b>Sabugal</b>	12 544	10 585	-15,62	822,70	12,9
<b>Trancoso</b>	9 878	8 875	-10,15	361,52	24,5

Fonte: Adaptado de INE (2020) e DGT (2019).

Os fatores demográficos que justificam o decréscimo de população são o fluxo migratório, mais propriamente a deslocação da população para o litoral e para o estrangeiro, conjugado com o decréscimo da natalidade e com o conseqüente envelhecimento da população. A taxa de natalidade bruta tem vindo a diminuir substancialmente na última década (2019/2011), tendo diminuído 8,9% na Região Centro e 8,7% a nível nacional (INE, 2020). Por oposição, verificou-se um aumento significativo da taxa de mortalidade, sendo nos 14 municípios que integram este estudo consideravelmente mais elevada que a média nacional e da Região Centro (INE, 2020).

#### 4. CARATERIZAÇÃO DA PRODUÇÃO E GESTÃO DOS BIORRESÍDUOS

Em 2011 (EGF, 2012), na composição física dos resíduos urbanos recolhidos de forma indiferenciada nos municípios do estudo, os biorresíduos representavam 43,08% do total, dos quais 37,45% correspondiam a resíduos alimentares, 4,47% a resíduos verdes e 1,17% a outro tipo de biorresíduos. Em 2019 (EGF, 2020), a composição física dos resíduos urbanos indiferenciados apresentava 43,02% de biorresíduos, sendo que 30,75% eram resíduos alimentares e 12,27% resíduos verdes, não tendo sido contabilizados outros resíduos putrescíveis. Tendo em consideração a composição física dos resíduos urbanos recolhidos de forma indiferenciada, em especial a composição dos biorresíduos e a produção de resíduos indiferenciados recolhidos, é possível estimar os quantitativos, em toneladas, de resíduos alimentares e de resíduos verdes produzidos em 2011 e 2019 nos municípios abrangidos pelo estudo (cfr. **Tabela 2**).

**Tabela 2 – Estimativa de produção de RSU e biorresíduos, em 2011 e 2019**

Tipologia de Resíduos	2011 (t)	2019 (t)	Varição 2019/2011 (%)
<b>Resíduos Urbanos Indiferenciados recolhidos</b>	72 244	67 083	-7,1
<b>Biorresíduos</b>	31 123	28 859	-7,3
<b>Resíduos Alimentares (total)</b>	27 055	20 628	-23,8
<b>Domésticos</b>	[17 586;21 644]	[13 408;16 502]	---
<b>Não domésticos</b>	[5 411;9 469]	[4 126;7 220]	---
<b>Resíduos Verdes</b>	3 229	8 231	154,9
<b>Outros</b>	845	0	-100,0

Fonte: ICI (2014); NRDC (2017); Vinck *et al.* (2018); EGF (2012, 2020); INE (2020); e Resiestrela (2020).

Em 2019 registou-se uma menor produção de Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) indiferenciados (-5 161 toneladas, -7,1%) relativamente a 2011, assim como de biorresíduos (-2 264 toneladas, -7,3%), com uma diminuição significativa da produção de resíduos alimentares (-6 427 toneladas, -23,8%), mas com um aumento dos resíduos verdes (+5 002 toneladas, +154,9%). A diminuição da produção de resíduos indiferenciados é explicada, em grande medida, pela diminuição da população residente na área geográfica dos municípios em estudo, entre 2011 e 2019, apesar do ligeiro aumento da produção *per capita* de resíduos registada nesse mesmo período. O aumento da produção de resíduos verdes pode ser explicado, entre outras razões, pela obrigatoriedade de limpeza de terrenos, por parte dos municípios e dos particulares, bem como a de gerir, dentro dos seus limites territoriais, as faixas de gestão de combustível.

Relativamente aos dados disponíveis, é possível estabelecer uma diferenciação entre os quantitativos de biorresíduos alimentares provenientes de produtores domésticos e os quantitativos provenientes de produtores não domésticos, considerando que a presença de biorresíduos alimentares, provenientes dos produtores não domésticos, nos resíduos sólidos indiferenciados representam entre 20% e 35% (ICI, 2014; NRDC, 2017; Vinck *et al.*, 2018). Deste modo, estima-se que, em 2011, os biorresíduos alimentares domésticos representavam entre 17 586 e 21 644 toneladas, enquanto os não domésticos representavam entre 5 411 e 9 469 toneladas. Para o ano de 2019, os valores estimados para os biorresíduos alimentares domésticos foram de 13 408 a 16 502 toneladas e para os não domésticos de 4 126 a 7 220 toneladas.

Até à data, não se tem conhecimento que nos municípios abrangidos pelo estudo seja realizada a recolha seletiva de biorresíduos, nem qualquer outro projeto piloto de recolha seletiva de biorresíduos alimentares, sejam eles de origem doméstica ou não doméstica, assim como de biorresíduos verdes. Contudo, o município de Fornos de Algodres, em 2020, iniciou um programa

de recolha dos biorresíduos verdes provenientes de podas e tratamento dos espaços públicos, nomeadamente jardins públicos, os quais são triturados e, posteriormente, incorporados nos solos numa lógica de contribuição para a economia circular e de neutralidade carbónica. No mesmo sentido, o município de Figueira de Castelo Rodrigo, em relação aos biorresíduos verdes, a relva proveniente da limpeza e tratamento de espaços verdes é oferecida a particulares para a utilizarem como fertilizante nos terrenos agrícolas. Os biorresíduos provenientes da poda de árvores e arbustos são triturados, incorporados no solo, ou, em alguns casos, queimados.

## 5. PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS PARA OS SISTEMAS DE RECOLHA

Após a revisão da legislação, que propõe medidas de proteção do ambiente e da saúde humana, por meio da prevenção ou redução da geração de resíduos, bem como da caracterização atual da produção e gestão dos biorresíduos nos municípios objeto de estudo, apresenta-se de seguida, metodologicamente, a solução supramunicipal que melhor se ajusta à realidade territorial dos municípios em referência. Assim, a mesma divide-se em três categorias:

1. recolha seletiva de biorresíduos na via pública nas freguesias urbanas de cada concelho;
2. recolha seletiva de biorresíduos porta-a-porta, principalmente nos centros históricos das freguesias urbanas, por terem arruamentos de acesso condicionado; e
3. reciclagem na origem por compostagem doméstica e comunitária, em especial nas freguesias rurais, e instalação de um biocompostor comunitário em cada sede de concelho.

Neste sentido, utilizando o *Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.3* (Fundo Ambiental) e considerando os dados de AMCB (2021), APA (2020), EGF (2020), ERSAR (2020), CMA (2021), CMB (2021), CMCB (2021), CMC (2021), CMFCR (2021), CMF (2021), CMFA (2021), CMG (2021), CMMan (2021), CMMe (2021), CMPen (2021), CMPi (2021), CMS (2021), CMT (2021), INE (2020), MTSSS (2021) e Resiestrela (2020; 2021), tomaram-se, na elaboração do cenário, os seguintes valores para o ano de 2019:

- a) População residente: 181 839 indivíduos;
- b) Alojamentos: 159 102, sendo o número médio de habitantes por alojamento de 1,14 indivíduos;
- c) Produtores não domésticos: 1 826, sendo 1 612 pertencentes ao sector HORECA e os restantes 214 relativos a Outros sectores, com produção significativa de resíduos alimentares e que não possuem uma atividade económica relativa a hotéis, restaurantes e cafés;
- d) Produção total: de RSU, 75 673 toneladas; e de resíduos indiferenciados, 67 083 toneladas;
- e) Resíduos: alimentares, 20 628 toneladas; e resíduos verdes, 8 231 toneladas. Em função da composição física dos resíduos urbanos indiferenciados, verifica-se a presença de 30,75% de biorresíduos alimentares e 12,27% de biorresíduos verdes;
- f) Capitação média anual de resíduos alimentares por estabelecimento: do setor HORECA, 3 toneladas; e dos Outros sectores, 5 toneladas;
- g) Quantitativo de biorresíduos verdes não domésticos recolhidos seletivamente: 62 toneladas;
- h) Tarifa cobrada ao município pelo sistema em alta referente ao encaminhamento dos resíduos indiferenciados: 42,84€ por tonelada;
- i) Taxa de Gestão de Resíduos (TGR) cobrada ao município pelo sistema em alta relativa à deposição dos resíduos indiferenciados em aterro, conforme previsto no Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro: 11,00€ por tonelada até 30 de junho de 2021; 22,00€ a partir dessa data em 2021 e 2022; 25,00€ por tonelada em 2023; 30,00€ por tonelada em 2024; e 35,00€ por tonelada em 2025 e anos seguintes;
- j) Percentagem de resíduos indiferenciados encaminhados para aterro: 87%;
- k) Rendimentos operacionais, resultantes da aplicação de tarifas fixas, tarifas variáveis e serviços auxiliares, pela prestação do serviço de gestão seletiva de biorresíduos, por produtor, doméstico e não doméstico: 44,04€;
- l) Rendimentos operacionais, que não decorrem da aplicação de tarifas fixas, tarifas variáveis e serviços auxiliares, inerentes à prestação de serviços de gestão seletiva de biorresíduos, por produtor doméstico: 2,89€;
- m) Valor anual para campanhas de sensibilização: 194 423,86€ de 2022 a 2030, com exceção do ano de 2021 em que foi previsto um valor de 1 296 159,07€;



- n) Custo unitário da lavagem dos contentores: 4,66€; e
- o) Monitorização anual do sistema de recolha seletiva e reciclagem dos biorresíduos: 5 000,00€, por município.

Também foi previsto, de 2021 a 2023, a aquisição de:

- a) 1 624 contentores de 800 litros, 485 contentores de 770 litros, 6 contentores de 720 litros, 1 492 contentores de 110 litros, 648 contentores de 80 litros, 11 651 baldes de 7 litros, 16 compostores comunitários de 2 000 litros, 41 340 compostores domésticos de 340 litros e 14 biocompostores de 333 litros, num investimento total de 4 556 948,43€;
- b) 1 veículo de recolha de 7 m<sup>3</sup> de capacidade e de 5 veículos de 8 m<sup>3</sup>, num investimento total de 483 869,00€;
- c) 2 veículos de lavagem, num investimento total de 437 880,00€;
- d) Recolha dos biorresíduos com uma frequência de 3 vezes por semana, com um consumo anual de gasóleo estimado em 95 133 litros;
- e) *Outsourcing* estimado em 315 240,39€;
- f) Lavagem dos contentores com uma frequência de 6 lavagens anuais; e
- g) Custo global anual com recursos humanos estimado em 197 256,48€.

A **Tabela 3** apresenta o potencial de recolha de biorresíduos nos municípios abrangidos pelo estudo, no período 2023-2030, considerando o cenário otimista (em que se estima obter uma taxa de captura global de biorresíduos crescente a partir de 2021, atingindo 63,4% em 2030, face ao valor inicial de 54,5%) e o cenário moderado (em que se estima obter uma taxa de captura global de biorresíduos crescente a partir de 2021, atingindo 41,5% em 2030, face ao valor inicial de 37,2%). Em ambos os cenários, a quantidade potencial de biorresíduos diminui ao longo do período em análise, passando de 28 740 toneladas em 2023 para 28 082 toneladas em 2030 (-2,3%), em consequência do decréscimo previsto da população até 2030 para a região Centro e no seguimento do que tem ocorrido igualmente nos municípios abrangidos pelo estudo na última década. Quanto à projeção da quantidade de biorresíduos recolhidos seletivamente, constata-se, em ambas as vertentes consideradas, uma tendência inversa à anterior, ou seja, no cenário otimista passa de 16 232 toneladas em 2023 para 17 808 toneladas em 2030 (+9,7%) e no cenário moderado de 11 284 toneladas em 2023 para 11 659 toneladas em 2030 (+3,3%).

**Tabela 3 – Potencial de recolha de biorresíduos, período 2023-2030**

	Cenário otimista			Cenário moderado		
	2023	2027	2030	2023	2027	2030
<b>Quantidade potencial de biorresíduos (t)</b>	28 740	28 416	28 082	28 740	28 416	28 082
<b>Quantidade de biorresíduos recolhidos seletivamente (t)</b>	16 232	17 175	17 808	11 284	11 494	11 659

Fonte: Resultados do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.3.

Em ambos os cenários, a população, em geral, e os produtores não domésticos, abrangidos pela recolha seletiva de biorresíduos na via pública e porta-a-porta nas freguesias urbanas e pela reciclagem na origem por compostagem doméstica e/ou comunitária nas freguesias rurais corresponde a 100% em todo o período em análise, uma vez que, o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, por transposição da Diretiva (UE) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 30 de maio de 2018, obriga que, até 31 de dezembro de 2023, os biorresíduos sejam separados e reciclados na origem, ou recolhidos seletivamente, e não sejam misturados com outros tipos de resíduos.

De acordo com o modelo de simulação, considerando o cenário otimista (cfr. **Tabela 4**), verifica-se, para o período em referência, um aumento dos quantitativos de biorresíduos alimentares recolhidos seletivamente (domésticos e não domésticos) de 3 487 toneladas em 2021 para 5 065 toneladas em 2030 (+45,3%). Relativamente aos biorresíduos verdes (domésticos e não domésticos), os quantitativos recolhidos seletivamente aumentam de 695 toneladas em 2021 para 1 525 toneladas em 2030 (+119,4%). Em termos globais, a quantidade de biorresíduos recolhidos seletivamente é de 4 182 toneladas em 2021, enquanto em 2030 se estima que seja de 6 590 toneladas (+57,6%).



**Tabela 4 – Quantitativos de biorresíduos a recolher seletivamente (cenário otimista), período 2021-2030**

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Resíduos alimentares (t)</b>	<b>3 487</b>	<b>3 672</b>	<b>3 856</b>	<b>4 037</b>	<b>4 215</b>	<b>4 389</b>	<b>4 560</b>	<b>4 730</b>	<b>4 898</b>	<b>5 065</b>
<b>Resíduos alimentares domésticos (t)</b>	2 356	2 482	2 606	2 727	2 845	2 960	3 072	3 182	3 291	3 399
<b>Resíduos alimentares não domésticos (t)</b>	1 131	1 191	1 250	1 310	1 369	1 429	1 488	1 547	1 607	1 666
<b>Resíduos verdes (t)</b>	<b>695</b>	<b>792</b>	<b>888</b>	<b>983</b>	<b>1 077</b>	<b>1 169</b>	<b>1 260</b>	<b>1 349</b>	<b>1 438</b>	<b>1 525</b>
<b>Resíduos verdes domésticos (t)</b>	613	710	806	901	995	1 087	1 178	1 267	1 356	1 443
<b>Resíduos verdes não domésticos (t)</b>	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
<b>Total de biorresíduos a recolher seletivamente (t)</b>	<b>4 182</b>	<b>4 464</b>	<b>4 744</b>	<b>5 020</b>	<b>5 291</b>	<b>5 558</b>	<b>5 820</b>	<b>6 079</b>	<b>6 335</b>	<b>6 590</b>

Fonte: Resultados do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.3.

Para o cenário moderado (cfr. **Tabela 5**), verifica-se um aumento dos quantitativos de biorresíduos alimentares recolhidos seletivamente (domésticos e não domésticos) de 2 269 toneladas em 2021 para 2 981 toneladas em 2030 (+31,4%). Relativamente aos biorresíduos verdes (domésticos e não domésticos), os quantitativos recolhidos seletivamente aumentam de 219 toneladas em 2021 para 665 toneladas em 2030 (+203,7%). Em termos globais, a quantidade de biorresíduos recolhidos seletivamente é de 2 488 toneladas em 2021 e de 3 646 toneladas em 2030 (+46,5%).

**Tabela 5 – Quantitativos de biorresíduos a recolher seletivamente (cenário moderado), período 2021-2030**

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Resíduos alimentares (t)</b>	<b>2 269</b>	<b>2 634</b>	<b>2 756</b>	<b>2 862</b>	<b>2 848</b>	<b>2 871</b>	<b>2 862</b>	<b>2 887</b>	<b>2 918</b>	<b>2 981</b>
<b>Resíduos alimentares domésticos (t)</b>	1 549	1 801	1 883	1 952	1 938	1 949	1 937	1 949	1 964	2 002
<b>Resíduos alimentares não domésticos (t)</b>	720	833	874	909	910	922	925	939	954	979
<b>Resíduos verdes (t)</b>	<b>219</b>	<b>271</b>	<b>322</b>	<b>373</b>	<b>423</b>	<b>473</b>	<b>522</b>	<b>570</b>	<b>618</b>	<b>665</b>
<b>Resíduos verdes domésticos (t)</b>	137	189	240	291	341	391	440	488	536	583
<b>Resíduos verdes não domésticos (t)</b>	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
<b>Total de biorresíduos a recolher seletivamente (t)</b>	<b>2 488</b>	<b>2 904</b>	<b>3 078</b>	<b>3 234</b>	<b>3 271</b>	<b>3 344</b>	<b>3 384</b>	<b>3 457</b>	<b>3 536</b>	<b>3 646</b>

Fonte: Resultados do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.3.

Face à opção de realizar reciclagem na origem, através da distribuição de compostores domésticos e comunitários, a evolução dos quantitativos de biorresíduos a desviar para compostagem no período em análise, considerando o cenário otimista (cfr. **Tabela 6**), é para os biorresíduos alimentares (domésticos e não domésticos) de 8 157 toneladas em 2021 e de 7 971 toneladas em 2030 (-2,3%). Relativamente aos biorresíduos verdes (domésticos e não domésticos), os quantitativos recolhidos para compostagem passam de 3 433 toneladas em 2021 para 3 329 toneladas em 2030 (-3,0%). Globalmente, a quantidade de biorresíduos a desviar para compostagem é de 11 590 toneladas em 2021 e de 11 299 toneladas em 2030 (-2,5%).

**Tabela 6 – Quantitativos de biorresíduos a desviar para compostagem (cenário otimista), período 2021-2030**

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Resíduos alimentares (t)</b>	<b>8 157</b>	<b>8 152</b>	<b>8 144</b>	<b>8 130</b>	<b>8 110</b>	<b>8 086</b>	<b>8 058</b>	<b>8 029</b>	<b>8 000</b>	<b>7 971</b>
Resíduos alimentares domésticos (t)	5 994	5 989	5 981	5 967	5 947	5 923	5 895	5 866	5 837	5 808
Resíduos alimentares não domésticos (t)	2 163	2 163	2 163	2 163	2 163	2 163	2 163	2 163	2 163	2 163
<b>Resíduos verdes (t)</b>	<b>3 433</b>	<b>3 430</b>	<b>3 426</b>	<b>3 418</b>	<b>3 407</b>	<b>3 393</b>	<b>3 378</b>	<b>3 362</b>	<b>3 345</b>	<b>3 329</b>
Resíduos verdes domésticos (t)	3 351	3 348	3 344	3 336	3 325	3 312	3 296	3 280	3 263	3 247
Resíduos verdes não domésticos (t)	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
<b>Total de biorresíduos a recolher seletivamente (t)</b>	<b>11 590</b>	<b>11 582</b>	<b>11 569</b>	<b>11 548</b>	<b>11 517</b>	<b>11 480</b>	<b>11 436</b>	<b>11 391</b>	<b>11 345</b>	<b>11 299</b>

Fonte: Resultados do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.3.

Para o cenário moderado (cfr. **Tabela 7**), a quantidade de biorresíduos a desviar para compostagem doméstica e comunitária é, para os biorresíduos alimentares (domésticos e não domésticos), de 5 827 toneladas em 2021 e de 5 693 toneladas em 2030 (-2,3%). Relativamente aos biorresíduos verdes (domésticos e não domésticos), os quantitativos recolhidos para compostagem passam de 2 476 toneladas em 2021 para 2 401 toneladas em 2030 (-3,0%). De uma forma global, a quantidade de biorresíduos a desviar para compostagem é de 8 302 toneladas em 2021 e de 8 094 toneladas em 2030 (-2,5%).

**Tabela 7 – Quantitativos de biorresíduos a desviar para compostagem (cenário moderado), período 2021-2030**

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Resíduos alimentares (t)</b>	<b>5 827</b>	<b>5 823</b>	<b>5 817</b>	<b>5 807</b>	<b>5 793</b>	<b>5 776</b>	<b>5 756</b>	<b>5 735</b>	<b>5 714</b>	<b>5 693</b>
Resíduos alimentares domésticos (t)	4 282	4 278	4 272	4 262	4 248	4 231	4 211	4 190	4 169	4 148
Resíduos alimentares não domésticos (t)	1 545	1 545	1 545	1 545	1 545	1 545	1 545	1 545	1 545	1 545
<b>Resíduos verdes (t)</b>	<b>2 476</b>	<b>2 474</b>	<b>2 470</b>	<b>2 465</b>	<b>2 457</b>	<b>2 447</b>	<b>2 436</b>	<b>2 425</b>	<b>2 413</b>	<b>2 401</b>
Resíduos verdes domésticos (t)	2 394	2 392	2 388	2 383	2 375	2 365	2 354	2 343	2 331	2 319
Resíduos verdes não domésticos (t)	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82
<b>Total de biorresíduos a recolher seletivamente (t)</b>	<b>8 302</b>	<b>8 296</b>	<b>8 287</b>	<b>8 272</b>	<b>8 250</b>	<b>8 223</b>	<b>8 192</b>	<b>8 160</b>	<b>8 127</b>	<b>8 094</b>

Fonte: Resultados do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.3.

Adicionalmente, a simulação do modelo mostra que, para ambos os cenários, o potencial de resíduos alimentares diminui de 20 532 toneladas em 2021 para 20 077 toneladas em 2030, em consequência direta da diminuição dos resíduos alimentares de origem doméstica, por via da diminuição da população. Situação similar ocorre com o potencial de resíduos verdes, que diminui de 8 259 toneladas em 2021 para 8 005 toneladas em 2030 (-3,1%), o que se deve à diminuição dos resíduos verdes domésticos recolhidos nos resíduos indiferenciados, que não é compensado pelo aumento dos resíduos verdes domésticos recolhidos seletivamente. Em termos globais, verifica-se que o potencial de biorresíduos nos municípios abrangidos pelo estudo diminui de 28 791 toneladas em 2021 para 28 082 toneladas em 2030 (-2,5%), que decorre essencialmente da previsão de diminuição da população de todos os municípios, conforme cenário traçado pelo simulador para toda a zona Centro do país.

## 6. PROPOSTA DE INVESTIMENTO PARA OS SISTEMAS DE RECOLHA

A proposta de recolha seletiva de biorresíduos na via pública e porta-a-porta nas freguesias mais urbanas, instalação de um biocompostor comunitário em cada sede de Concelho e de reciclagem na origem por compostagem doméstica e comunitária nas freguesias rurais, independentemente de se realizar uma projeção otimista ou uma projeção moderada, tem um investimento total de 5 478.697,43€, correspondendo à aquisição de:

- a) para a recolha na via pública: 1 624 contentores de 800 litros e 485 contentores de 770 litros, ambos a um custo unitário de 217,71€; e 6 contentores de 720 litros, a um custo unitário de 858,54€;
- b) para a recolha porta-a-porta: de 1 492 contentores de 110 litros, a um custo unitário de 46,74€; 648 contentores de 80 litros, a um custo unitário de 43,05€; e 11 651 baldes de 7 litros, a um custo unitário de 3,08€;
- c) para a reciclagem na origem: de 16 compostores comunitários de 2 000 litros, a um custo unitário de 13 609,09€; 41 340 compostores domésticos de 340 litros, a um custo unitário de 73,57€; e 14 biocompostores comunitários, a um custo unitário de 50 000€; e
- d) para a recolha na via pública e porta-a-porta: 6 viaturas de recolha de biorresíduos e 2 viaturas para lavagem e higienização de contentores, num valor global estimado em 921 749,00€.

O investimento a realizar no período 2021-2030 respeita unicamente à aquisição de contentores para a via pública e porta-a-porta (10,9%), compostores domésticos e comunitários para a reciclagem na origem (72,3%) e viaturas de recolha e lavagem (16,8%), não se realizando qualquer investimento em outros equipamentos ou *software*. Este investimento será financiado com recurso a fundos próprios dos municípios e/ou a fundos públicos (nacionais e/ou europeus), nomeadamente:

a) A nível nacional os municípios têm à sua disposição o Fundo Ambiental, criado pelo Decreto-Lei n.º 42-A/2016, de 12 de agosto, o qual constitui uma plataforma de financiamento de projetos que contribuam para a adaptação às alterações climáticas, aos recursos hídricos, aos resíduos e à conservação da natureza e biodiversidade, na prossecução dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Nestes termos, o Fundo Ambiental tem como objetivos: mitigação das alterações climáticas; adaptação às alterações climáticas; cooperação na área das alterações climáticas; prevenção e reparação de danos ambientais; cumprimento dos objetivos e metas nacionais e comunitárias de gestão de resíduos urbanos; transição para uma economia circular; proteção e conservação da natureza e da biodiversidade; capacitação e sensibilização em matéria ambiental; investigação e desenvolvimento em matéria ambiental, entre outros; e

b) A nível da UE, os municípios podem recorrer ao Programa LIFE – Programa para o Ambiente e a Ação Climática para 2021-2027, aprovado pelo Regulamento (UE) n.º 2021/783 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29 de abril de 2021. Este Programa visa contribuir para a transição para uma economia sustentável, circular, energeticamente eficiente, baseada nas energias renováveis, neutra para o clima e resiliente, a fim de proteger, restabelecer e melhorar a qualidade do ambiente, incluindo o ar, água e solos, e travar e inverter a perda de biodiversidade e lutar contra a degradação dos ecossistemas, inclusive através do apoio à implementação e à gestão da rede Natura 2000, contribuindo assim para o desenvolvimento sustentável.

Aos gastos com o investimento (CAPEX - *Capital Expenditures*) acrescem os gastos operacionais (OPEX - *Operational Expenditure*), que, quer considerando uma projeção otimista ou uma projeção moderada da solução de recolha, não se alteram ao longo do período de 2021-2030. Estes gastos ascendem ao valor anual de 2 030 523,34€ em 2021, 961 152,56€ em 2022 e 992 876,56€ em 2023 e anos seguintes, em resultado de:

- a) Campanhas anuais de sensibilização: 1 296 159,07€ em 2021; e 194 423,86€ em 2022 e anos seguintes;
- b) Combustíveis (valor anual): 42 280,11€;
- c) Seguros, IUC e inspeção (valor anual): 12 600,00€;
- d) Manutenção e lavagem de contentores: 45 189,07€ em 2021; 77 553,50€ em 2022; e 109 277,50€ nos anos seguintes;
- e) Manutenção e lavagem de viaturas (valor anual): 51 798,22€;
- f) Contratação anual em *outsourcing* do sistema de recolha: 315 240,39€;
- g) Outros custos variáveis e fixos (valor anual): 70 000,00€; e
- h) Pessoal (valor anual): 197 256,48€

Quanto aos custos evitados, ou seja, os custos que os municípios deixam de suportar por não entregar os biorresíduos recolhidos seletivamente ou reciclados na origem como resíduos indiferenciados, correspondem a:

a) Tarifa cobrada pelo sistema em alta, em concreto pela Resiestrela - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos, S.A., aos municípios, pelo encaminhamento dos resíduos indiferenciados (42,84€ por tonelada);

b) Tarifa cobrada pelo sistema em alta aos municípios, pelo encaminhamento dos biorresíduos (0,00€ por tonelada); e

c) TGR cobrada pelo sistema em alta aos municípios, pela deposição dos resíduos indiferenciados em aterro, por tonelada (11,00€ até 30 de junho de 2021 e 22,00€ a partir dessa data em 2021 e 2022; 25,00€ em 2023; 30,00€ em 2024; e 35,00€ em 2025 e anos seguintes, por aplicação do previsto no Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro).

Face ao exposto, relativamente à sustentabilidade económico-financeira para um cenário otimista (cfr. **Tabela 8**), o investimento global, realizado maioritariamente nos primeiros anos do projeto, é de 5 478 697€ e os gastos operacionais decrescem ao longo do período, passando de 1 708 793€ em 2023 para 1 207 652€ em 2030, o que justifica o acréscimo do rácio benefício/custo, passando de 154% em 2023 para 236% em 2030, ou seja, o benefício obtido é, em todos os anos, significativamente superior ao custo associado. A análise da viabilidade do projeto mostra que o Valor Atualizado Líquido (VAL) é de -1 591 678€ em 2023, 5 919 138€ em 2027 e de 12 102 059€ em 2030, sendo que o Tempo de Recuperação do Capital (TRC) indica que o investimento é recuperado ao fim de 4 anos. O Índice de Rendibilidade (IR) do projeto é estimado em -29% para 2023, 108% em 2027 e 221% em 2030. A quantidade crítica de recolha seletiva de biorresíduos é de 11 743 toneladas em 2023, 8 135 toneladas em 2027 e 7 323 toneladas em 2030. Em termos de sustentabilidade ambiental estima-se que esta solução seja responsável pela emissão de GEE de 15,52 kg CO<sub>2</sub>/t em 2023, 14,67 kg CO<sub>2</sub>/t em 2027 e 14,15 kg CO<sub>2</sub>/t em 2030, sendo reduzida e com tendência decrescente.

**Tabela 8 – Apoio à decisão (cenário otimista), período 2023-2030**

Tipologia de Resíduos	2023	2027	2030
<b>Sustentabilidade económico-financeira</b>			
<b>Gastos operacionais (€)</b>	1 708 793	1 299 698	1 207 652
<b>Benefício/Custo (%)</b>	154	213	236
<b>Investimento (€)</b>	5 478 697	5 478 697	5 478 697
<b>Viabilidade do projeto</b>			
<b>VAL – Valor Atualizado Líquido (€)</b>	-1 591 678	5 919 138	12 102 059
<b>TRC – Tempo de Recuperação do Capital investido (ano)</b>	I.N.C.	4	4
<b>IR – Índice de Rendibilidade (%)</b>	-29	108	221
<b>Quantidade crítica (t)</b>	11 743	8 135	7 323
<b>Sustentabilidade ambiental</b>			
<b>Emissão de GEE (kg CO<sub>2</sub>/t)</b>	15,52	14,67	14,15

Fonte: Resultados do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.3.

Legenda: I.N.C. – Investimento Não Coberto.

Relativamente à sustentabilidade económico-financeira para um cenário moderado (cfr. **Tabela 9**), o investimento global, realizado maioritariamente nos primeiros anos do projeto, é de 5 478 697€ e os gastos operacionais decrescem ao longo do período, passando de 1 708 793€ em 2023 para 1 207 652€ em 2030, o que justifica o acréscimo do rácio benefício/custo, passando de 106% em 2023 para 160% em 2030, ou seja, o benefício obtido é, em todos os anos, significativamente superior ao custo associado. A análise da viabilidade do projeto mostra que o VAL é de -4 020 145€ em 2023, -176 049€ em 2027 e 2 879 781€ em 2030, sendo que o TRC indica que o investimento é recuperado ao fim de 8 anos. O IR do projeto é estimado em -73% para 2023, -3% em 2027 e 53% em 2030. A quantidade crítica de recolha seletiva de biorresíduos é de 11 933 toneladas em 2023, 8 031 toneladas em 2027 e 7 162 toneladas em 2030. Em termos de sustentabilidade ambiental estima-se que esta

solução seja responsável pela emissão de GEE de 22,33 kg CO<sub>2</sub>/t em 2023, 21,92 kg CO<sub>2</sub>/t em 2027 e 21,61 kg CO<sub>2</sub>/t em 2030, sendo reduzida e com tendência decrescente.

**Tabela 9 – Apoio à decisão (cenário moderado), período 2023-2030**

Tipologia de Resíduos	2023	2027	2030
<b>Sustentabilidade económico-financeira</b>			
<b>Gastos operacionais (€)</b>	1 708 793	1 299 698	1 207 652
<b>Benefício/Custo (%)</b>	106	146	160
<b>Investimento (€)</b>	5 478 697	5 478 697	5 478 697
<b>Viabilidade do projeto</b>			
<b>VAL – Valor Atualizado Líquido (€)</b>	-4 020 145	-176 049	2 879 781
<b>TRC – Tempo de Recuperação do Capital investido (ano)</b>	I.N.C.	I.N.C.	8
<b>IR – Índice de Rendibilidade (%)</b>	-73	-3	53
<b>Quantidade crítica (t)</b>	11 933	8 031	7 162
<b>Sustentabilidade ambiental</b>			
<b>Emissão de GEE (kg CO<sub>2</sub>/t)</b>	22,33	21,92	21,61

Fonte: Resultados do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.3.

Legenda: I.N.C. – Investimento Não Coberto.

Em resumo, face aos indicadores ambientais e económicos apresentados, a solução supramunicipal otimista é a mais adequada sob o ponto de vista ambiental, em conjugação com a vertente económico-financeira, considerando, por um lado, a caracterização geográfica e sociodemográfica dos municípios, assim como as opções de cada um dos municípios e, por outro lado, a caracterização atual da produção e gestão dos biorresíduos nos municípios em referência. À semelhança de Bing *et al.* (2016), considera-se que a reciclagem de RSU é um problema multidisciplinar que precisa ser considerado em diferentes níveis de decisão, tendo uma visão holística da temática e em consideração as características dos diferentes tipos de resíduos, nomeadamente dos biorresíduos.

## 7. CONCLUSÃO

Em resultado dos imperativos legais, os municípios são obrigados a implementar redes de recolha seletiva de biorresíduos ou proceder à separação e reciclagem na origem dos mesmos, devendo garantir que, a partir de 2030, os aterros não possam aceitar quaisquer resíduos passíveis de serem reciclados ou que possam ser valorizados. Também, numa bioeconomia circular, a reciclagem dos biorresíduos é uma estratégia crucial para otimizar o uso de biomassa existente, uma vez que os biorresíduos representam uma grande quantidade de recursos que, através dos processos eficientes de compostagem, produzem o composto que enriquece os solos com nutrientes e atua como um repositório de carbono. Além disso, a digestão anaeróbia que pode ser igualmente utilizada na valorização dos biorresíduos poderá permitir a produção de energia. Assim, é crucial a transição para uma recolha seletiva de biorresíduos, pois só desta forma será conseguida a recuperação dos produtos que resultam do seu tratamento e se poderão atingir as metas impostas pela UE.

Por conseguinte, este estudo procurou avaliar as melhores soluções ambientais e assegurar a racionalidade económico-financeira do investimento a realizar para implementar sistemas de recolha de biorresíduos, na via pública e porta-a-porta nas freguesias urbanas dos municípios envolvidos neste estudo e a instalação de um biocompostor comunitário em cada sede de Concelho, bem como de reciclagem na origem por compostagem doméstica e comunitária nas freguesias rurais. De forma a reduzir os impactes ambientais inerentes aos resíduos, importa, em primeiro lugar, que os esforços se centrem na redução da produção de RSU e consequentemente dos biorresíduos, nomeadamente

pelo combate ao desperdício alimentar. Em segundo lugar, a deposição de resíduos em aterro deve ser evitada a todo o custo, em especial de biorresíduos, a qual pode ser conseguida através do incentivo à recolha seletiva e da valorização dos biorresíduos, seja a nível comunitário ou doméstico e posterior reciclagem dos mesmos, através do processo de compostagem e/ou biometanização e compostagem.

Neste sentido, o cenário que melhor se adapta às necessidades e à realidade territorial em causa, ao mesmo tempo que apresenta a melhor solução do ponto de vista ambiental e financeiro, é aquele que, numa perspetiva otimista, naturalmente apresenta as melhores condições para que os municípios abrangidos por este estudo cumpram com as metas do Sistema de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU) previstas para o período em referência, ao apresentar um tempo de recuperação do capital investido de 4 anos, enquanto que para uma perspetiva moderada, a recuperação do investimento ocorre apenas após 8 anos.

Contudo, independentemente da solução a adotar, é necessário ter em consideração que é essencial implementar ações de sensibilização da população, no sentido da separação dos biorresíduos, para que a recolha seletiva e a respetiva reciclagem e valorização na origem possam ter sucesso. Também é igualmente importante que, seja implementado um procedimento de melhoria contínua que permita a monitorização e a fiscalização do processo de separação, recolha e tratamento de biorresíduos, com o intuito de verificar as boas práticas ambientais. Só desta forma se poderá realizar ações corretivas, que visem eliminar ou reduzir as não conformidades verificadas na operacionalização do sistema, bem como ações de melhoria contínua, que promovam a eficácia do sistema de recolha de biorresíduos nos municípios envolvidos, considerando sempre a realidade à data de implementação do sistema, uma vez que o mesmo é diretamente influenciado pelas condições económico-financeiras do mercado (taxa de inflação, preço dos combustíveis, entre outras).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMCB - Associação de Municípios da Cova da Beira (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Belmonte: AMCB.

APA - Agência Portuguesa do Ambiente (2020). *Relatório Anual - Resíduos Urbanos 2019*. Disponível em: [https://www.apambiente.pt/\\_zdata/Políticas/Resíduos/Resíduos\\_Urbanos/RARU\\_2019\\_v2.pdf](https://www.apambiente.pt/_zdata/Políticas/Resíduos/Resíduos_Urbanos/RARU_2019_v2.pdf) [Acedido em abril de 2021].

Bing, X.; Bloemhof, J.M.; Ramos, T.R.P.; Barbosa-Povoa, A.P.; Wong, C.Y. e van der Vorsta, J.G.A.J. (2016). Research challenges in municipal solid waste logistics management. *Waste Management*, 48 (2): 584-592.

Cesaro, A.; Belgiorno, V.; Siciliano, A. e Guida, M. (2019). The sustainable recovery of the organic fraction of municipal solid waste by integrated ozonation and anaerobic digestion. *Resources, Conservation and Recycling*, 141(2): 390-397.

CMA - Câmara Municipal de Almeida (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Almeida: CMA.

CMB - Câmara Municipal de Belmonte (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Belmonte: CMB.

CMCB - Câmara Municipal de Celorico da Beira (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Celorico da Beira: CMCB.

CMC - Câmara Municipal da Covilhã (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Covilhã: CMC.

CMFCR - Câmara Municipal de Figueira de Castelo Rodrigo (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Figueira de Castelo Rodrigo: CMFCR.

CMFA - Câmara Municipal de Fornos de Algodres (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Fornos de Algodres: CMFA.

CMF - Câmara Municipal do Fundão (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Fundão: CMF.

CMG - Câmara Municipal da Guarda (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Guarda: CMG.

CMMan - Câmara Municipal de Manteigas (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Manteigas: CMMan.

CMMe - Câmara Municipal de Mêda (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Mêda: CMMe.

CMPen - Câmara Municipal de Penamacor (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Penamacor: CMPen.

CMPi - Câmara Municipal de Pinhel (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Pinhel: CMPi.

CMS - Câmara Municipal do Sabugal (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Sabugal: CMS.

CMT - Câmara Municipal de Mêda (2021). *Dados para aplicação do Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.2 e Versão 1.3*. Trancoso: CMT.

COM (2019) 640 final, de 11.12.2019 - *Pacto Ecológico Europeu*. Disponível em: [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0008.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0008.02/DOC_1&format=PDF) [Acedido em abril de 2021].

Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10.12.2020 - *Aprova o regime geral da gestão de resíduos, o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro e altera o regime da gestão de fluxos específicos de resíduos, transpondo as Diretivas (UE) 2018/849, 2018/850, 2018/851 e 2018/852*. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/150908012> [Acedido em abril de 2021].

Decreto-Lei n.º 42-A/2016, de 12 de agosto - *Cria o Fundo Ambiental, estabelecendo as regras para a respetiva atribuição, gestão, acompanhamento e execução e extingue o Fundo Português de Carbono, o Fundo de Intervenção Ambiental, o Fundo de Proteção dos Recursos Hídricos e o Fundo para a Conservação da Natureza e da Biodiversidade*. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/75150234> [Acedido em abril de 2021].

Despacho n.º 7262/2020, de 17.07.2020 - *Cria o Programa de Apoio à Elaboração de Estudos Municipais para o Desenvolvimento de Sistemas de Recolha de Biorresíduos, financiado pelo Fundo Ambiental*. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/138217294> [Acedido em abril de 2021].

DGT - Direção-Geral do Território (2019). *Carta Administrativa Oficial de Portugal (CAOP - 2019)*. Disponível em: <https://www.dgterritorio.gov.pt/cartografia/cartografia-tematica/caop> [Acedido em abril de 2021].

Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19.11.2008 - *Relativa aos resíduos*. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0098&from=EN> [Acedido em outubro de 2022].

EGF - Environment Global Facilities (2012) *Caracterização de Resíduos Urbanos do Sistema Multimunicipal da Cova da Beira - Relatório Final 2011*. Linda-a-Velha: EGF.

EGF - Environment Global Facilities (2020). *Caracterização de Resíduos Urbanos do Sistema Multimunicipal da Cova da Beira - Relatório Final 2019*. Linda-a-Velha: EGF.

ERSAR - Entidade Reguladora dos Serviços de Águas e Resíduos (2020). *Dados e indicadores do ciclo de avaliação da qualidade do serviço prestado aos utilizadores relativos a 2019*. Disponível em: <http://www.ersar.pt/pt/setor/factos-e-numeros/dados-de-base> [Acedido em abril de 2021].

Fan, Y.V.; Klemeš, J.J.; Lee, C.T. e Perry, S. (2018). Anaerobic digestion of municipal solid waste: Energy and carbon emission footprint. *Journal of Environmental Management*, 223(1): 888-897.

ICI - Italian Composting and Biogas Association (2014). *Food waste collection in metropolitan areas: Milan (Italy)*. Disponível em: <https://www.london.gov.uk/moderngov/documents/b10746/Minutes%20-%20Appendix%20-%20Food%20Waste%20in%20Milan%20Wednesday%2009-Jul-2014%2014.00%20Environment%20Committee.pdf?T=9> [Acedido em abril de 2021].

INE - Instituto Nacional de Estatística (2020). *Dados Estatísticos*. Disponível em: [https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine\\_censos\\_indicadores](https://censos.ine.pt/xportal/xmain?xpid=CENSOS&xpgid=ine_censos_indicadores) [Acedido em abril de 2021].



Laso, J.; García-Herrero, I.; Margallo, M.; Bala, A.; Fullana-i-Palmer, P.; Irabien, A. e Aldaco, R. (2019). LCA-Based Comparison of Two Organic Fraction Municipal Solid Waste Collection Systems in Historical Centres in Spain. *Energies*, 12(7): 1-18.

Mehta, Y.D.; Shastri, Y. e Joseph, B. (2018). Economic analysis and life cycle impact assessment of municipal solid waste (MSW) disposal: A case study of Mumbai, India. *Waste Management & Research: The Journal for a Sustainable Circular Economy*, 36(2): 1177-1189.

MTSSS - Ministério do Trabalho, Solidariedade e Segurança Social (2021). *Instituições Particulares de Solidariedade Social registadas*. Disponível em: [http://www.seg-social.pt/documents/10152/13140219/Listagem\\_ipss/8371faa4-dea5-4c03-a47f-3446f1f4c6c3](http://www.seg-social.pt/documents/10152/13140219/Listagem_ipss/8371faa4-dea5-4c03-a47f-3446f1f4c6c3) [Acedido em abril de 2021].

NRDC - Natural Resources Defense Council (2017). *Estimating quantities and types of food waste at the city level*. Disponível em: <https://www.nrdc.org/sites/default/files/food-waste-city-level-report.pdf> [Acedido em abril de 2021].

Pavlas, M.; Dvořáček, J.; Pitschke, T. e Peche, R. (2020). Biowaste Treatment and Waste-To-Energy—Environmental Benefits. *Energies*, 13(8): 1-17.

Regulamento (UE) n.º 2021/783 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 29.04.2021 - *Estabelece um Programa para o Ambiente e a Ação Climática (LIFE)*. Disponível em: [https://life.apambiente.pt/sites/default/files/documentos/REG.LIFE\\_2021.2027\\_PT.pdf](https://life.apambiente.pt/sites/default/files/documentos/REG.LIFE_2021.2027_PT.pdf) [Acedido em abril de 2021].

Resiestrela - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos (2020). *Resíduos Sólidos Urbanos 2019. Fundação: Resiestrela*.

Resiestrela - Valorização e Tratamento de Resíduos Sólidos (2021). *Resiestrela: Municípios*. Disponível em: <https://resiestrelapt.azurewebsites.net/resiestrela/municipios/> [Acedido em abril de 2021].

Resolução do Conselho de Ministros n.º 190-A/2017, de 11.12.2017 - *Aprova o Plano de Ação para a Economia Circular em Portugal*. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/114337039> [Acedido em abril de 2021].

Resolução do Conselho de Ministros n.º 53/2020, de 10.07.2020 - *Aprova o Plano Nacional Energia e Clima 2030 (PNEC 2030)*. Disponível em: <https://dre.pt/application/conteudo/137618093> [Acedido em abril de 2021].

*Simulador de Sistemas de Recolha de Biorresíduos - Versão 1.3*. Disponível em: <https://www.fundoambiental.pt> [Acedido em abril de 2021].

Vinck, K.; Scheelen, K. e Du Bois, E. (2018). Design opportunities for organic waste recycling in urban restaurants. *Waste Management & Research*, 37(1): 40-50.

Yin, R.K. (2008). *Case Study Research - Design and Methods*. London: Sage Publications.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Associação de Municípios da Cova da Beiras (AMCB) o apoio e a disponibilização de dados essenciais ao estudo. Agradecimentos também ao Fundo Ambiental pela disponibilização do simulador, que possibilitou o estudo e a determinação das melhores soluções técnicas. A Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT) portuguesa é reconhecida pelo financiamento da unidade de I&D CIQUP (Projeto UIDB/00081/2020) e do Laboratório Associado IMS (LA/P/0056/2020).