



**Escola Superior
Agrária**

Politécnico de Coimbra

Compostagem Comunitária: Estado Atual em Portugal Continental, Práticas Internacionais e Análise Tecnológica e Operacional

Andreia Gouveia Fernandes

Mestrado em Gestão Ambiental

Orientador: Verónica Oliveira

Co-orientador: Filomena Miguens

Coimbra, 2025

Compostagem Comunitária: Estado Atual em Portugal Continental, Práticas Internacionais e Análise Tecnológica e Operacional

Andreia Gouveia Fernandes

Mestrado em Gestão Ambiental

Dissertação apresentada à Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento dos
requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Gestão Ambiental

Orientador: Verónica Oliveira

Co-orientador: Filomena Miguens

Coimbra, 2025

Agradecimentos

Os meus agradecimentos dirigem-se, em primeiro lugar, às minhas orientadoras, Verónica Oliveira e Filomena Miguens, pelo apoio constante e pela disponibilidade demonstradas desde o início. Estou especialmente grata por me proporcionarem a oportunidade de integrar um projeto na área da compostagem comunitária, que constitui a base deste estudo. A Inna Shyshka, colaboradora do mesmo projeto, realizou as análises em laboratório e fez parte dos restantes resultados práticos. Foi incansável e ajudou-me sempre que necessário, por isso devo-lhe um agradecimento especial.

Agradeço ainda aos meus familiares pelo suporte incondicional, principalmente à minha irmã Carina, por nos motivarmos mutuamente a concretizar os nossos objetivos. Ao meu namorado agradeço a compreensão e constante motivação ao longo deste percurso, o apoio diário foi fundamental para enfrentar os desafios e continuar a evoluir, tanto a nível pessoal como académico.

Um agradecimento a todos os meus amigos, principalmente à Ana Carolina, Ana Filipa e Rita que me acompanharam ao longo do mestrado, tornando esta jornada memorável!

Resumo

A gestão sustentável dos biorresíduos constitui um dos maiores desafios ambientais atuais e a compostagem comunitária surge como uma solução no quadro das metas europeias e nacionais. Este trabalho analisa a compostagem comunitária em Portugal Continental, enquanto prática emergente de gestão de resíduos orgânicos, avaliando o seu enquadramento nacional e internacional, as soluções tecnológicas e operacionais adotadas, a perceção dos diferentes intervenientes envolvidos e a qualidade do composto produzido.

Desta forma, foram realizados *focus group* e entrevistas em Arganil e na Mealhada, verificando-se que fatores como proximidade, acessibilidade, incentivos e condições de higiene influenciam a adesão. Foi analisada a questão de integração de tecnologias nos compostores, que foi bem aceite, pois reduz recursos humanos, otimiza o processo e fornece dados úteis. Foram enviados inquéritos às câmaras municipais que permitiram caracterizar parâmetros físico-químicos e métodos de gestão: temperaturas do composto variam entre 50 e 60 °C ou são inferiores a 50 °C, humidade encontra-se entre 40 a 60% e duração do processo está entre 3 a 6 meses. As tarefas de acompanhamento incidem sobretudo na medição de pH, temperatura e humidade, adição de água e estilha e revolvimento, sendo menos frequente a remoção de contaminantes.

A avaliação da qualidade do composto realizou-se através de análises laboratoriais a quinze amostras de composto de diferentes cidades do território. Verificou-se que a maioria dos compostos apresenta altos valores de matéria orgânica, que 12 amostras têm valores de humidade acima do legalmente permitido, estando entre 5,49 a 78,10%. O pH variou entre 5,36 e 8,95 situando-se dentro dos valores legalmente permitidos, a relação C:N variou entre 9,17 e 28,40, estando adequada na maioria dos casos. Os compostos apresentaram bons teores de nutrientes e de granulometria, e em relação aos metais pesados, apenas uma amostra apresentou um valor de crómio superior ao legal. A nível microbiológico, a maioria das amostras não apresentou contaminação por *Salmonella* ou *Escherichia coli*, sendo apenas três amostras não conformes relativamente a *E.coli*.

Conclui-se que a compostagem comunitária constitui um instrumento crucial para o cumprimento das metas ambientais europeias, sendo fundamental a aposta na evolução tecnológica que permita melhorar o controlo e monitorização do processo de compostagem e a implementação de estratégias que promovam a adesão da população.

Palavras-chave: Compostagem comunitária, compostor, biorresíduos, tecnologia.

Abstract

The sustainable management of biowaste is one of the greatest environmental challenges today, and community composting is emerging as a solution within the framework of European and national targets. This study analyses community composting in mainland Portugal as an emerging practice in organic waste management, assessing its national and international context, the technological and operational solutions adopted, the perceptions of the different stakeholders involved, and the quality of the compost produced.

Focus groups and interviews were held in Arganil and Mealhada, revealing that factors such as proximity, accessibility, incentives and hygiene conditions influence participation. The integration of technologies in composters is well accepted, as it reduces human resources, optimises the process and provides useful data. Surveys of municipal councils allowed us to characterise physical-chemical parameters and management methods: compost temperatures vary between 50 and 60 °C or are below 50 °C, humidity is between 40 and 60%, and the duration of the process is between 3 and 6 months. Monitoring tasks mainly focus on measuring pH, temperature and humidity, adding water and wood chips, and turning the compost, with the removal of contaminants being less frequent.

The quality of the compost was assessed through laboratory analyses of fifteen compost samples from different cities in the territory. It was found that most of the composts have high organic matter values, with 12 samples having moisture values above the legally permitted level, ranging from 5.49 to 78.10%. The pH ranged from 5.36 to 8.95, within the legally permitted values, and the C:N ratio ranged from 9.17 to 28.40, which was adequate in most cases. The composts had good nutrient and particle size content, and in relation to heavy metals, only one sample had a chromium value above the legal limit. At the microbiological level, most samples showed no contamination by *Salmonella* or *Escherichia coli*, with only three samples not complying with *E. coli*.

It can be concluded that community composting is a crucial tool for meeting environmental goals. It is essential to invest in technological developments that improve the control and monitoring of the composting process and to implement strategies that promote public acceptance.

Keyword: Community Composting, composter, biowaste, technology.

Abreviaturas

APA Agência Portuguesa do Ambiente

CCC Centro de Compostagem Comunitária

CE Comissão Europeia

CLP Controlador Lógico Programável

DM Decreto do Ministério

ESAC Escola Superior Agrária de Coimbra

LER Lista Europeia de Resíduos

GEE Gases Efeito de Estufa

IPC Instituto Politécnico de Coimbra

MO Matéria Orgânica

PERSU Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos

RCM Restos de Cozinha e de Mesa

RGGR Regime Geral de Gestão de Resíduos

RU Resíduos Urbanos

SGRU Sistema de Gestão de Resíduos

TGR Taxa de Gestão de Resíduos

UE União Europeia

UFC Unidades Formadoras de Colónias

UMC Unidades Modulares de Compostagem

Índice

Agradecimentos.....	2
Resumo.....	3
Abstract	4
Abreviaturas	5
Índice de Figuras	8
Índice de Tabelas	10
1. Introdução	11
1.1 Enquadramento e motivação	11
1.2. Objetivos do Relatório	15
1.3. Estrutura	16
2. Compostagem: definição, fatores determinantes e fases do processo	17
2.1. Biorresíduos.....	17
2.2. Compostagem	17
2.2.1 Fatores ambientais que influenciam o processo de compostagem	17
2.2.2 Riscos no Processo de Compostagem	20
2.2.3 Fases do Processo de Compostagem.....	21
2.2.4 Qualidade do composto final.....	22
3. Enquadramento Legal	24
3.1. Pacto Ecológico Europeu	24
3.2. Regime Geral de Gestão de Resíduos	24
3.3. Diretiva 2008/98/CE.....	25
3.4. Diretiva 2018/51	25
3.5. Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2030	26
3.6. Estratégia para os Biorresíduos.....	26
4. Compostagem Comunitária em Portugal	27
4.1. Tipologia de biorresíduos aceites na compostagem comunitária	27
4.2. Requisitos para a implementação de uma Ilha de Compostagem	28
4.3. Funcionamento da Ilha de Compostagem	30
4.4. Panorama da Compostagem Comunitária em Portugal.....	32
5. Compostores Comunitários: Tipologias e Casos de Estudo	36
5.1. Compostores Comunitários em Portugal.....	36
5.2. Compostores Comunitários Internacionais	39
5.3. Tecnologias Integradas nos Compostores	46
5.4. Casos de estudo	51
6. Análise das necessidades, perceções e práticas dos utilizadores e operadores de compostagem comunitária.....	61

6.1. Identificação das perceções dos utilizadores e operadores.....	61
6.1.1. Enquadramento.....	61
6.1.2. Metodologia	61
6.1.3. Resultados	63
6.2. Caracterização da compostagem comunitária a nível municipal	68
6.2.1. Enquadramento	68
6.2.2. Metodologia	68
6.2.3. Resultados	69
6.3. Discussão de Resultados.....	75
7. Qualidade do composto.....	79
7.1. Caracterização físico-química.....	79
7.1.1. Enquadramento	79
7.1.2. Metodologia	80
7.1.3. Resultados	82
7.1.4. Discussão de Resultados	85
7.2. Caracterização Microbiológica.....	89
7.2.1. Enquadramento	89
7.2.2. Metodologia	91
7.2.3. Resultados	94
7.2.4. Discussão de Resultados	96
8. Conclusão.....	98
9. Bibliografia	100
Anexos.....	108

Índice de Figuras

Figura 1: Evolução da produção de RU e a respetiva proporção de biorresíduos entre 2017 e 2024, em Portugal Continental. (Dados retirados de APA, 2017; APA, 2018; APA, 2019b; APA, 2020; APA, 2021; APA, 2022; APA, 2023; APA, 2024b; APA, 2025).....	12
Figura 2: Evolução do quantitativo de biorresíduos recolhidos seletivamente (t) e número de municípios a efetuar esta recolha entre 2022 e 2024. Retirado de APA, 2025.....	13
Figura 3: Total de biorresíduos recolhidos (t) na origem em 2022 e em 2024. Retirado de APA, 2025.....	14
Figura 4: Mapa da distribuição geográfica dos resultados da Recolha seletiva de biorresíduos (%) e da Reciclagem na origem (%), em 2024, face á sua produção total. Retirado de APA, 2025. .	14
Figura 5: Caracterização das fases do processo de compostagem. Fonte: Adaptado de Román, <i>et al.</i> (2015).....	22
Figura 6: Modelo operacional de uma ilha de compostagem com três módulos. Fonte: Retirado de González-Sierra <i>et al.</i> (2019).	31
Figura 7: Modelo operacional de uma ilha de compostagem com três módulos. Fonte: Adaptado de González-Sierra <i>et al.</i> (2019).	32
Figura 8: Percentagem de Municípios com e sem compostagem comunitária.....	33
Figura 9: Distribuição da compostagem comunitária em Portugal.	34
Figura 10: Mapa com a marcação dos municípios que realizam compostagem comunitária em Portugal Continental.....	34
Figura 11: Ilha de Compostagem da Floema. Fonte: Floema, s.d.....	37
Figura 12: Compostores Comunitários da Rodmarle. Fonte: Rodmarle, s.d.....	37
Figura 13: Compostores Comunitários da Estúdio D1. Fonte: Estúdio D1, 2025.....	38
Figura 14: Design do módulo do compostor Vermican. Fonte: Vermican (s.d).	40
Figura 15: Ilha de Compostagem Comunitária da Vermican. Fonte: Vermican (s.d.).....	40
Figura 16: Compostor Coletivo Urbano. Fonte: Ekovore, s.d.....	42
Figura 17: Compostor Coletivo Modular da Ekovore. Fonte: Ekovore, s.d.....	43
Figura 18: Compostor Comunitário da CRtec, produzido em Itália. Fonte: CRtec, 2022.	44
Figura 19: Ilhas Ecológicas Comunitárias da CRtec, produzido em Itália. Fonte: CRtec, 2022. 44	
Figura 20: Ilhas Ecológicas Comunitárias da CRtec, produzido em Itália. Fonte: CRtec, 2022. 45	

Figura 21: Compostor Comunitário da Komposta. Fonte: Komposta, s.d.	46
Figura 22: Painel de controlo do CCC na aplicação “Revitaliza”. Fonte: Deputación Pontevedra, 2025b.....	49
Figura 23: Campos de preenchimento na aplicação "Revitaliza". Fonte: Deputación Pontevedra, 2025b.....	50
Figura 24: Campos de transferência na aplicação "Revitaliza". Fonte: Deputación de Pontevedra, 2025b.....	50
Figura 25: Ilha de Compostagem na LIPOR. Fonte: LIPOR, 2025.	52
Figura 26: Mapa de Municípios com Centros de Compostagem Comunitária. Fonte: Deputación Pontevedra (2025a).	53
Figura 27: Centro de Compostagem Comunitária em O Chanto, Galiza. Fonte: La Voz de Galicia, s.d.	54
Figura 28: Ilha de Compostagem para os moradores do Bairro Chaprais. Fonte: SYBERT, s.d. 56	
Figura 29: Localização das instalações de compostagem comunitária em Itália. Fonte: University of Vic, 2022.....	58
Figura 30: Central de Compostagem Comunitária de San Chirico Raparo. Fonte: University of Vic, 2022.	59
Figura 31: Representação gráfica dos tipos de acesso ao compostor em percentagem.....	70
Figura 32: Quantificação de municípios que aceitam determinados tipos de biorresíduos.....	70
Figura 33: Representação gráfica da relação entre matéria rica em azoto (resíduos verdes) e carbono (resíduos castanhos).	71
Figura 34: Representação gráfica da duração do processo de compostagem dos municípios inquiridos.....	72
Figura 35: Quantificação dos municípios que realizam determinadas tarefas durante o processo de compostagem.....	74
Figura 36: Representação gráfica das dificuldades encontradas pelos municípios na implementação da compostagem comunitária.	75
Figura 37: a) Meio XLD; b) Meio XLD após incubação. Fonte: Técnica do laboratório da ESAC.	92
Figura 38: a) Meio TBX b) Meio TBX da Amostra O2460 após incubação. Fonte: Técnica de laboratório da ESAC.	94

Índice de Tabelas

Tabela 1: Tipologia de biorresíduos aceites para compostagem comunitária. Retirado de APA, 2024a.	28
Tabela 2: Quadro resumo com a caracterização dos métodos de compostagem comunitária.	35
Tabela 3: Caracterização de Compostores Comunitários comercializados em Portugal.....	39
Tabela 4: Intervalo de compostores comunitários nos municípios.....	69
Tabela 5: Intervalos de temperatura média na fase termofílica registadas pelos municípios.....	72
Tabela 6: Frequência de acompanhamento do processo da compostagem pleos municípios.....	73
Tabela 7: Requisitos aplicáveis às matérias fertilizantes inseridas no grupo de Corretivos Orgânicos. Adaptado de Diário da República, 2022.	79
Tabela 8: Valores máximos admissíveis para teores totais de metais pesados (mg/kg). Retirado de Diário da República, 2022.....	80
Tabela 9: Valores médios de humidade total, MO expressas em percentagem, pH e condutividade elétrica expresso em mS/cm e respetivos desvios padrão.	82
Tabela 10: Distribuição granulométrica das amostras.....	83
Tabela 11: Relação C/N dos compostos.	83
Tabela 12: Valores totais de azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio expresso em % de matéria seca e respetivos desvios padrão.	84
Tabela 13: Valores totais de metais (cádmio, chumbo, cobre, crómio, níquel e zinco) expressos em mg/kg e respetivos desvio padrão.	85
Tabela 14: Valores máximos admissíveis de microrganismos patogénicos. Retirado de Diário da República, 2022.....	90
Tabela 15: Etapas e para a deteção de <i>Salmonella</i>	92
Tabela 16: Etapas e para a deteção de <i>e.coli</i>	93
Tabela 17: Resultados da quantificação de agentes patogénicos (<i>E. coli</i> e <i>Salmonella</i> spp.).	95
Tabela 18: Tipologia de resíduos aceites para compostagem, sem RCM. Retirado de (APA, 2024a)	108
Tabela 19: Tipologia de resíduos aceites para compostagem, com RCM. Retirado de APA, 2024a)	109

1. Introdução

1.1 Enquadramento e motivação

Os níveis crescentes de resíduos e poluição estão a comprometer os ecossistemas e a afetar a saúde humana em todo o mundo. São geradas cerca de 2 mil milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, e as projeções indicam uma potencial duplicação deste número até 2050, pelo que a gravidade da crise da poluição não pode ser subestimada (United Nations, 2024).

Neste contexto, a União Europeia (UE) tem vindo a reforçar o enquadramento normativo para a valorização de resíduos biodegradáveis. A revisão da Diretiva-Quadro relativa aos resíduos, em 2018, introduziu regras mais rigorosas para garantir a recolha seletiva de biorresíduos a partir de 31 de dezembro de 2023, bem como os desvios destes fluxos dos aterros e da incineração, em linha com as metas de reciclagem de 65% até 2035 (European Regional Development Fund, 2021). Em Portugal, estas orientações foram transpostas para o Regime Geral de Gestão de Resíduos (Diário da República n.º 239/2020, 2020), que atribui às entidades municipais ou multimunicipais a responsabilidade de operacionalizar a separação e reciclagem na origem dos biorresíduos, através de compostagem doméstica ou comunitária e outras soluções locais de reciclagem, ou a sua recolha seletiva e posterior transporte para instalações de reciclagem, como compostagem e digestão anaeróbia (Diário da República, 2020).

Os modelos de recolha seletiva de biorresíduos podem ser sistemas de recolha conjunta ou separada, como sistemas de recolha porta-a-porta ou sistemas de deposição em contentor de proximidade. As formas de reciclagem na origem, que podem complementar ou substituir a recolha seletiva convencional, incluem a compostagem doméstica ou comunitária que são consideradas boas práticas associadas à gestão de biorresíduos, pelo facto de evitarem custos desproporcionados de recolha e tratamento, bem como de emissões de gases de efeito de estufa. Além disso, podem apresentar um contributo no cumprimento das metas europeias para os biorresíduos (APA, 2019a).

A compostagem é o método mais difundido na UE. Mais de 90% dos resíduos alimentares e de jardins recolhidos separadamente são atualmente encaminhados para compostagem, dado tratar-se de um processo simples e de baixo investimento (European Regional Development Fund, 2021) sendo considerado um dos métodos mais promissores e sustentáveis para a gestão de biorresíduos a nível central (local/regional) e não central (a nível doméstico) (Iacovidou & Zorpas, 2022).

Em certas áreas de Portugal esta medida deve ser prioritária em relação à recolha seletiva de biorresíduos, mas necessita de acompanhamento no terreno. Existem áreas que têm um maior

potencial técnico para a implementação de recolha seletiva de biorresíduos¹, zonas maioritariamente localizadas na zona litoral, exceto o Alentejo. Nos locais que apresentam menor potencial técnico de implementação deste método, soluções como compostagem doméstica e comunitária devem ser consideradas. Nos municípios com características mais rurais, onde a grande maioria dos edifícios que compõem o território são moradias, estratégias de compostagem doméstica e/ou comunitária devem apresentar maior relevância em relação a áreas com características mais urbanas (APA, 2019a). Em Portugal, a produção de resíduos urbanos (RU) em 2024 atingiu 5,5 milhões de toneladas, o que representa uma capitação de 519 kg / hab.ano, traduzindo-se num valor de produção diária de 1,4 kg/dia por habitante. Os biorresíduos contribuem com 38% da fração de RU (APA, 2025). Esta elevada fração orgânica demonstra o potencial de implementação de soluções de tratamento específicas, capazes de aliviar significativamente a pressão sobre os sistemas de gestão de resíduos.

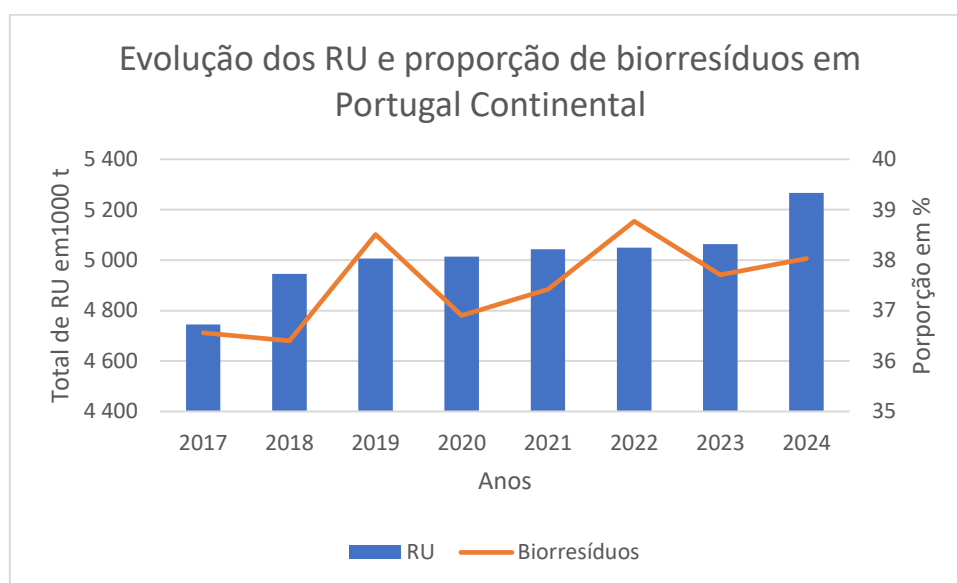


Figura 1: Evolução da produção de RU e a respetiva proporção de biorresíduos entre 2017 e 2024, em Portugal Continental. (Dados retirados de APA, 2017; APA, 2018; APA, 2019b; APA, 2020; APA, 2021; APA, 2022; APA, 2023; APA, 2024b; APA, 2025).

O gráfico mostra um aumento gradual da produção de RU entre 2017 e 2024, enquanto a proporção de biorresíduos se mantém relativamente estável variando apenas entre 36% e 39%. O aumento dos RU decorre, em parte, do aumento populacional, mas também o turismo e habitantes não registados podem ter potencial impacto (APA, 2025).

¹ O documento define critérios que refletem diferentes níveis de potencial de implementação de recolha seletiva de biorresíduos: a) indicador “produção”: ≥ 5 t/dia de recolha (maior potencial técnico); < 5 t/dia de recolha (menor potencial técnico); b) Indicador “Área urbana artificial”: ≥ 4 % (maior potencial técnico); < 4 % (menor potencial técnico). As áreas correspondentes ao maior potencial cumprem os dois critérios estabelecidos para “Produção” e “Área urbana artificial” (APA, 2019a).

No que diz respeito aos biorresíduos, de acordo com o Relatório Anual de Resíduos de 2024, é expectável a implementação de recolha seletiva de biorresíduos ou da sua reciclagem na origem nos próximos anos, tal como previsto na Diretiva Quadro Resíduos (DQR). A recolha seletiva de biorresíduos, ou a sua reciclagem na origem, é uma responsabilidade dos municípios, tendo-lhes sido dirigidos objetivos de taxa de captura de biorresíduos para 2030, individualmente. Os municípios, nos seus Plano de Ação do Plano Estratégico de Resíduos de Sólidos Urbanos (PAPERSU), comprometeram-se com objetivos anuais até 2030, cuja monitorização teve início em 2024.

Em 2024 verificou-se alguma evolução ao nível da recolha seletiva de biorresíduos, tendo um aumento superior a 42 mil toneladas, e também um aumento do número de municípios, cerca de 32 adicionais, que iniciou esta tipologia de recolha, como indica a figura 2 (APA, 2025).

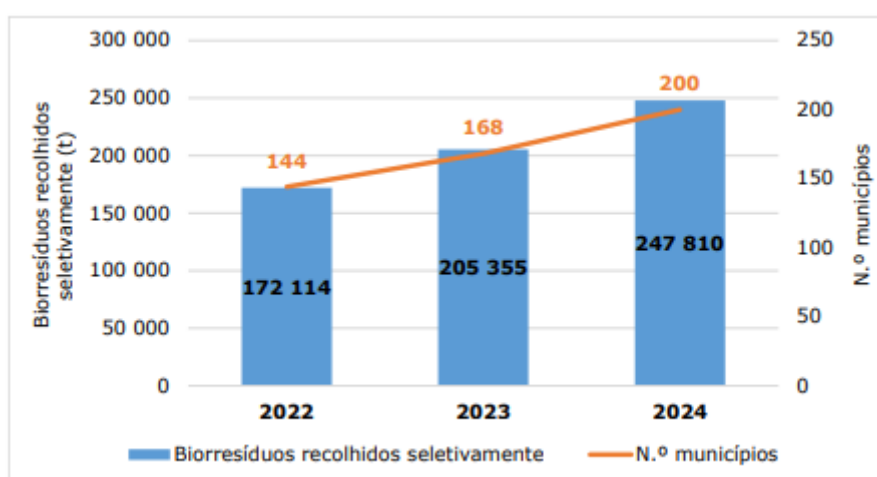


Figura 2: Evolução do quantitativo de biorresíduos recolhidos seletivamente (t) e número de municípios a efetuar esta recolha entre 2022 e 2024. Retirado de APA, 2025.

No que diz respeito à reciclagem na origem de biorresíduos, ocorreu um crescimento significativo em 2024 face a 2022, em termos de biorresíduos reciclados na origem, como está representado na figura 3.

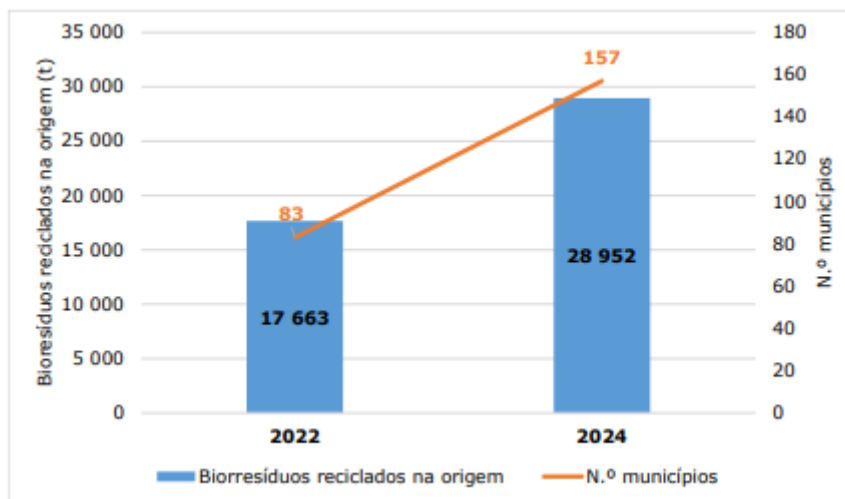


Figura 3: Total de biorresíduos recolhidos (t) na origem em 2022 e em 2024. Retirado de APA, 2025.

A distribuição geográfica em Portugal Continental da recolha seletiva é assimétrica, tendo destaque as zonas metropolitanas de Lisboa e Porto, mas também a Região de Baixo Alentejo. A nível da reciclagem na origem, observa-se uma maior percentagem no Alto Alentejo e Beira Litoral, como demonstra a figura 4.

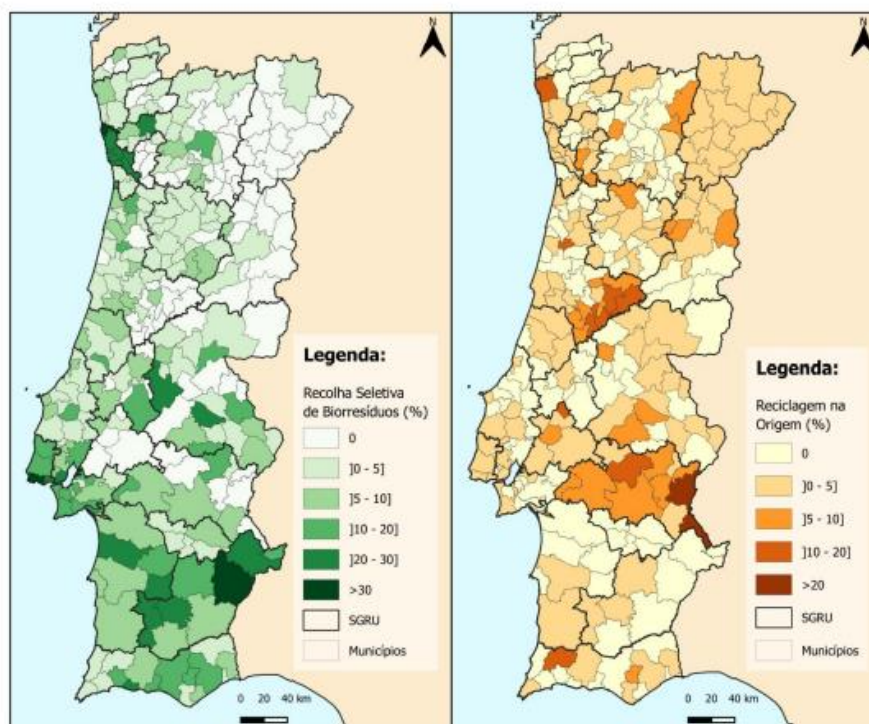


Figura 4: Mapa da distribuição geográfica dos resultados da Recolha seletiva de biorresíduos (%) e da Reciclagem na origem (%), em 2024, face à sua produção total. Retirado de APA, 2025.

No entanto, a situação dos biorresíduos em Portugal ainda é crítica, com apenas 5% recolhidos seletivamente. Esta ineficiência reflete-se na fraca valorização orgânica, resultando numa produção de composto reduzida e maioritariamente de baixa qualidade, devido à predominância

de resíduos indiferenciados. A realização de compostagem domiciliária através de compostores individuais, assim como a compostagem comunitária, ambas bem aceites pela população, pode ser um bom contributo para o desvio de orgânicos do aterro (AEPSA, 2020).

1.2. Objetivos do Relatório

Este trabalho inseriu-se no âmbito do projeto HUMYK – Autonomous Community Composter, que tem como objetivo principal o desenvolvimento de um compostor comunitário inteligente e totalmente autónomo. Numa fase inicial do projeto foram definidas atividades de investigação, que dão base a esta dissertação, de modo a que a solução proposta tenha uma boa aceitação no mercado e vá ao encontro do que os utilizadores necessitam.

O principal objetivo da presente dissertação é analisar a compostagem comunitária em Portugal Continental, enquanto prática emergente de gestão de resíduos orgânicos, avaliando o seu enquadramento nacional e internacional, as soluções tecnológicas e operacionais adotadas, a perceção dos diferentes intervenientes envolvidos e a qualidade do composto produzido.

Os objetivos específicos (OE) da presente dissertação são os seguintes:

OE1. Analisar o estado atual da compostagem comunitária em Portugal Continental, identificando o nível de implementação, os modelos existentes e o seu enquadramento no contexto da gestão de resíduos urbanos.

OE 2. Caracterizar as práticas e métodos de compostagem comunitária a nível internacional, de forma a enquadrar a realidade portuguesa numa perspetiva comparativa e identificar abordagens, tendências e modelos aplicados noutros países.

OE 3. Analisar os sistemas e tecnologias de compostagem comunitária comercializados e utilizados, a nível nacional e internacional, considerando os tipos de compostores, os materiais utilizados, os métodos tecnológicos aplicados e o grau de autonomia dos equipamentos.

OE 4. Analisar casos de estudo de compostagem comunitária em diferentes países, de modo a compreender as estratégias de implementação, os fatores críticos de sucesso e os principais desafios associados à gestão destes sistemas.

OE 5. Identificar as perceções, necessidades e desafios dos utilizadores e das entidades responsáveis pela gestão dos biorresíduos, através da aplicação de metodologias qualitativas, nomeadamente *focus groups* e entrevistas dirigidos a cidadãos e entidades gestoras.

OE 6. Caracterizar os processos atuais de compostagem comunitária em Portugal, recorrendo a inquéritos aplicados a entidades municipais, incidindo sobre parâmetros operacionais como as características dos compostores, o tipo de resíduos orgânicos utilizados, a relação carbono/azoto e outros fatores determinantes para o processo de compostagem.

OE 7. Avaliar a qualidade físico-química e microbiológica do composto produzido em sistemas de compostagem comunitária selecionados, de forma a analisar o desempenho dos processos e a adequação do composto final.

1.3. Estrutura

A estrutura da dissertação está dividida por secções que pretendem dar resposta aos objetivos específicos delineados. Inicialmente, é exposta informação acerca do processo de compostagem, como definições, fatores determinantes e explicação das diferentes fases ao longo do processo (secção 2). De forma a contextualizar esta prática a nível da legislação, é realizado um enquadramento legal apresentando os principais diplomas legais nacionais e europeus (secção 3).

Realizado o enquadramento da compostagem comunitária, é discutido na secção 4 o estado da compostagem comunitária em Portugal Continental, introduzindo-se os métodos de funcionamento aplicados e, de seguida, apresentando o panorama da compostagem comunitária e os métodos utilizados (OE 1). A secção 5, tem como objetivo dar resposta aos OE 2, 3 e 4, caracterizando as práticas e métodos de compostagem comunitária a nível nacional e internacional, bem como os tipos de compostores, materiais utilizados e analisando os sistemas e tecnologias de compostagem comunitária comercializados e utilizados. São ainda analisados casos de estudo de compostagem comunitária em diferentes países, de forma a poder-se comparar processos de compostagem e fatores de sucesso.

A secção 6 vai ao encontro do que é pretendido nos OE 5 e 6, ou seja, identificar as perceções, necessidades e desafios dos utilizadores e das entidades responsáveis pela gestão dos biorresíduos, realizando-se *focus group* e entrevistas e a caracterização dos processos atuais de compostagem comunitária em Portugal Continental através de inquéritos a câmaras municipais. A última secção n.º 7, visa avaliar a qualidade físico-química e microbiológica do composto produzido em diferentes locais do país (OE 7), apresentando-se os dados fornecidos por trabalho laboratorial e a respetiva discussão de resultados.

2. Compostagem: definição, fatores determinantes e fases do processo

2.1. Biorresíduos

De acordo com a Diretiva 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018, que altera a Diretiva 2008/98/CE, biorresíduos definem-se como “resíduos biodegradáveis de jardins e parques, os resíduos alimentares e de cozinha das habitações, dos escritórios, dos restaurantes, dos grossistas, das cantinas, das unidades de *catering* e retalho, e os resíduos similares das unidades de transformação de alimentos”.

Os biorresíduos são a designação para resíduos alimentares e resíduos verdes. Os primeiros são responsáveis pelos odores desagradáveis e obrigam a uma gestão mais complexa, já os resíduos verdes degradam-se lentamente sendo a sua gestão mais fácil. Desta forma, a recolha de resíduos verdes deverá ser feita em separado dos resíduos alimentares (Diretiva 2018/851, 2018).

2.2. Compostagem

A compostagem de biorresíduos é o processo de decomposição aeróbica controlada da matéria orgânica por microrganismos (Solomon, 1993). O produto final é um material humificado de cor castanha a preta que, quando adicionado ao solo, repõe os nutrientes das plantas, mantém o teor da matéria orgânica do solo e ajuda a melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do solo (Chandra, 2005). Ao nível das propriedades químicas e físicas, o composto pode contribuir para o aumento da porosidade, para a estabilização dos agregados, o teor orgânico, a capacidade de retenção de água, os macro e micronutrientes disponíveis para a absorção pelas plantas, além de reduzir a densidade aparente (Ho *et al.*, 2022).

2.2.1 Fatores ambientais que influenciam o processo de compostagem

Temperatura

A temperatura é um indicador da atividade microbiana. Quando esta é registada diariamente, pode ser realizado um padrão normal de desenvolvimento de temperatura, em que o desvio do padrão pode indicar abrandamentos da atividade microbiana. A temperatura deve começar a subir de forma constante à medida que a população microbiológica se desenvolve (USDA, 2010). No início a atividade microbiana é muito intensa permitindo que as temperaturas cheguem aos 60° C ou mais, e passado algum tempo a temperatura desce quando o processo passa da fase de decomposição para a fase de maturação. O nível de temperatura atingido depende da reatividade da mistura inicial e dos meios de controlo. Para uma melhor qualidade biológica do composto, não é desejável uma temperatura superior a 70 °C, porque pode limitar a diversidade dos microrganismos no material de compostagem e diminuir a taxa de decomposição (Van der Wurff, 2016).

Em condições controladas, a temperatura termofílica ótima (por exemplo, 60 °C), é mantida através de revolvimentos frequentes, o que previne a extinção dos organismos termofílicos, levando a uma fase termofílica mais longa (6 a 8 semanas), a um melhor controlo de sementes de agentes patogénicos e ervas daninhas, e evita a formação de cinzas, resultando num composto com mais qualidade (Van der Wurff, 2016).

A elevação da temperatura durante o processo de compostagem é essencial para garantir a eliminação das ervas daninhas e dos agentes patogénicos que estão normalmente presentes na mistura inicial, pelo que a temperatura deve atingir pelo menos os 55 °C durante três semanas ou 65 °C durante uma semana, e o material orgânicos tem de ser revolvido pelo menos duas vezes durante esse período. A temperatura insuficiente pode ser observada quando a mistura inicial é demasiado rica em carbono, muito seca, muito húmida ou quando o oxigénio na pilha é insuficiente (Van der Wurff, 2016).

A evolução da temperatura deve ser registada periodicamente, de preferência diariamente, ou, pelo menos, três vezes por semana de forma a garantir a correta higienização natural do composto, ou seja, a minimização dos riscos associados a agentes patogénicos (Van der Wurff, 2016).

Rácio Carbono – Azoto

Os compostos de carbono (C) e azoto (N) são os elementos mais propensos a limitar o processo de compostagem, seja por excesso ou insuficiência. O desequilíbrio da relação carbono-azoto (C:N) conduz ao abrandamento da compostagem, à libertação de odores (como o amoníaco), atração de animais (como moscas), tendo impacto negativo no produto final.

A uma relação de 30, os microrganismos podem funcionar de forma eficiente e é adquirido um composto adequado para o crescimento de vegetais no solo, superior à utilização de fertilizantes químicos. Quando a relação C:N é muito alta, há muito carbono em relação ao azoto e a decomposição desacelera. Se for muito baixa, o excesso de azoto pode causar perdas na forma de amónia gasosa e gerar odores, resultando num desequilíbrio nutricional (Ministry of Agriculture & Food, 1996). A maioria dos materiais agrícolas não possui na sua composição a proporção ideal para a compostagem, devendo-se misturar materiais com alto teor de azoto com materiais ricos em carbono (Ministry of Agriculture & Food, 1996).

Porosidade

A porosidade é uma medida do espaço de ar dentro da mistura de composto e é calculada pelo volume de espaços ou poros divididos pelo volume total da pilha. Se o material não estiver saturado com água, esses espaços são parcialmente preenchidos com ar que pode fornecer oxigénio aos decompositores e permitir a circulação do ar. No caso de os poros serem preenchidos

com água devido ao alto teor de humidade, a resistência ao fluxo de ar aumenta, predominando a atividade anaeróbica (Ministry of Agriculture and Food, 1966).

A compactação da pilha de composto reduz a sua porosidade, e a trituração excessiva também pode dificultar a circulação de ar ao criar partículas e poros menores. Pelo contrário, o revolvimento do material e a adição de materiais grosseiros aumentam a porosidade, apesar de alguns destes serem de lenta decomposição. À medida que o processo de compostagem avança, a porosidade diminui, restringindo o arejamento (USDA, 2010).

Teor de Oxigénio

Os níveis de oxigénio no interior da pilha podem também ser utilizados como um indicador da forma como o processo de compostagem se está a desenvolver. À medida que a atividade microbiana aumenta, o consumo de oxigénio também aumenta e, conseqüentemente, o teor de oxigénio disponível diminui. A monitorização do teor de oxigénio permite perceber se a estabilidade foi atingida, uma vez que os níveis de oxigénio são baixos no período ativo da compostagem, e aumentam assim que a atividade microbiana começa a abrandar (USDA, 2010).

O teor de oxigénio recomendado para que o processo de compostagem seja eficaz, é de cerca de 3 a 5%. De forma a verificar que as condições anaeróbicas estão presentes em toda a pilha, deve-se medir o teor de metano (CH_4) dentro da pilha. A ausência de metano é um indicador de uma distribuição homogénea de oxigénio na pilha (Van der Wurff *et al.*, 2016).

Valor de pH

Os níveis de pH da matéria orgânica da mistura do composto não têm um impacto significativo no processo de compostagem porque diferentes organismos desenvolvem-se em diferentes níveis de pH. O intervalo ideal para a atividade microbiana situa-se entre 6,5 e 8 (USDA, 2010).

No início do processo de compostagem o pH é relativamente baixo devido à presença de ácidos orgânicos, no entanto aumenta mais tarde com o aumento do teor de NH_4 . Desta forma, na fase em que o composto está maduro os valores de pH são inferiores a 8. Os compostos comuns têm um pH acima de 7.

No caso de se utilizar o composto em meios de cultivo de plantas, é possível utilizar enxofre elementar (S) para baixar o valor de pH do meio da cultura, em alternativa, também pode ser utilizado uma fração significativa de matérias primas ácidas, como bagaço de azeitona, casca de laranja, entre outras (Van der Wurff *et al.*, 2016).

Teor de Humidade

A humidade desempenha um papel fundamental no metabolismo dos microrganismos e, indiretamente, no fornecimento de oxigénio, uma vez que estes só podem utilizar as moléculas

orgânicas que se encontram dissolvidas na água (Ministry of Agriculture & Food, 1996). As condições de humidade no processo da compostagem comunitária podem variar consoante o volume de matéria orgânica, o tipo de material do compostor e a exposição às condições ambientais (González-Sierra *et al.*, 2019). Um teor de humidade entre 40 a 60 % proporciona uma humidade adequada sem limitar o arejamento.

Em condições de baixa humidade, inferior a 40%, a atividade bacteriana diminuirá para menos de 15 %, provocando poeiras que transportam odores e possíveis agentes patogénico fúngicos (USDA, 2010). O excesso de humidade, superior a 60 %, provoca uma diminuição radical da atividade dos microrganismos aeróbios, uma vez que os nutrientes são lixiviados e o volume de ar é reduzido. Desta forma, são produzidos odores devido a condições anaeróbias e a decomposição é retardada (Ministry of Agriculture & Food, 1996).

O excesso de humidade pode ser solucionado através de revolvimentos adicionais para libertar a humidade e adição de uma maior quantidade de matéria seca. Nos casos de baixa humidade, é necessário pulverizar água gradualmente para minimizar as perdas de humidade por escoamento e, ao mesmo tempo, evitar a adição de água em excesso (USDA, 2010).

2.2.2 Riscos no Processo de Compostagem

Nem todos os materiais transformados aerobicamente são considerados composto. O processo de compostagem inclui várias fases que devem ser realizadas para se obter um composto de qualidade. A utilização de um composto no solo que não completou corretamente o processo de compostagem pode causar alguns riscos (Román *et al.*, 2015).

- Fitotoxicidade: Quando a compostagem não é concluída com sucesso, o azoto permanece na forma de amónio em vez de nitrato. Em condições quentes e húmidas, o amónio transforma-se em amónia, criando um ambiente tóxico para o crescimento de plantas, resultando em odores. O composto inacabado contém substâncias químicas voláteis instáveis, como ácidos orgânicos, que são tóxicos para sementes e plantas.
- Bloqueio biológico de azoto, conhecido por “fome de azoto”: ocorre em materiais que não atingiram uma proporção equilibrada de C:N e são muito mais ricos em carbono do que em azoto. Quando aplicado no solo, os microrganismos consomem rapidamente o carbono presente, aumentando a procura por azoto, esgotando as reservas no solo.
- Redução do oxigénio para as plantas: se o material ainda estiver na fase de decomposição quando é aplicado no solo, os microrganismos continuarão a consumir oxigénio do solo para finalizar o processo, tornando-o indisponível para as plantas.

- Excesso de amónia e nitrato nas plantas e contaminação das fontes de água: um material que possui excesso de azoto na forma de amónia tende a perdê-lo por infiltração no solo ou volatilização, contribuindo para a contaminação das águas superficiais e subterrâneas. Além disso, o azoto pode ser absorvido pelas culturas, resultando numa excessiva acumulação de nitratos, o que pode resultar em efeitos negativos na qualidade dos vegetais.

2.2.3 Fases do Processo de Compostagem

A compostagem é um processo biológico que ocorre em condições aeróbicas, efetuada através de microrganismos aeróbicos que decompõem a matéria orgânica à medida que crescem e se reproduzem (United States Department of Agriculture, 2010). Para tal, é necessário que existam condições ambientais adequadas, como a temperatura e a humidade, possibilitando os processos metabólicos complexos realizados por diferentes microrganismos que utilizam o N e o C disponíveis para produzir a sua própria massa. Neste processo, os microrganismos geram calor e um substrato sólido, com menos carbono e azoto, mas mais estável, a que se dá o nome composto.

Após a decomposição do C e do N e de toda a matéria orgânica inicial, é libertado calor pelos microrganismos em diferentes temperaturas ao longo do tempo que definem as diferentes fases da compostagem: mesofílica, termofílica e de maturação (Román *et al.*, 2015).

Fase Mesofílica: o processo de compostagem inicia-se em temperatura ambiente e em poucos dias, ou até horas, a temperatura sobe para os 45 °C, devido à atividade microbiana, tendo uma duração de 2 a 8 dias (Román *et al.*, 2015).

Fase Termofílica: esta fase é caracterizada pela predominância de microrganismos que intensificam a decomposição de matéria orgânica (Monteiro e Machado, 2023). Os microrganismos presentes desenvolvem-se a temperaturas mais elevadas (bactérias termofílicas) que facilitam a degradação de fontes complexas de C, como a celulose e a lignina, e transformam o N em amoníaco, provocando o aumento do pH médio (Román *et al.*, 2015).

A partir dos 60 °C, desenvolvem-se as bactérias produtoras de esporos e as actinobactérias responsáveis pela decomposição das ceras, hemicelulose e outros compostos do complexo C. Nesta fase, ainda são destruídas bactérias e contaminantes de origem fecal, como *Escherichia coli* e *Salmonella spp.*, devido ao aumento da temperatura.

Esta fase realiza-se em dias ou meses, dependendo das condições ambientais e material de origem (Román *et al.*, 2015). O limite superior de temperatura deve ser de 70 °C, uma vez que a partir desta temperatura, há uma redução significativa na diversidade de microrganismos envolvidos na degradação da matéria orgânica, o que pode comprometer a eficiência do processo biológico (González-Sierra *et al.*, 2019).

Fase Mesofílica II: quando as fontes de carbono e azoto terminam, a temperatura desce novamente para os 40-45 °C e nesta fase continua a decomposição dos polímeros como a celulose e aparecem alguns fungos visíveis a olho nu. Atingindo menos de 40 °C, os microrganismos mesófilos retomam a sua atividade e o pH do meio diminui ligeiramente, embora, em geral, permaneça ligeiramente alcalino. Esta fase de arrefecimento requer várias semanas (Román *et al.*, 2015).

Fase de maturação: nesta fase, a proporção de material resistente aumenta de forma constante e a proliferação microbiana diminui de forma correspondente. A temperatura inicia um declínio inexorável, que persiste até ser atingida a temperatura ambiente. O tempo envolvido nesta fase depende do substrato e das condições ambientais e operacionais, podendo durar de algumas semanas a dois anos (Diaz *et al.*, 2002).

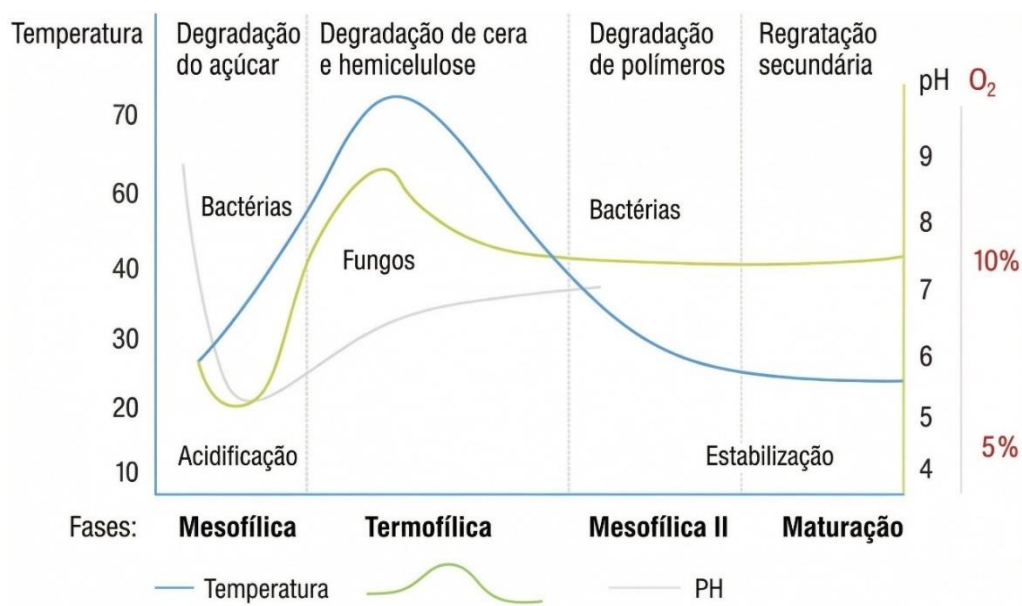


Figura 5: Caracterização das fases do processo de compostagem. Fonte: Adaptado de Román, *et al.* (2015).

2.2.4 Qualidade do composto final

A qualidade do composto é determinada pelas suas características físicas, químicas e biológicas. Como algumas dessas características são um pouco subjetivas, não existe um método definitivo para determinar a qualidade do composto (USDA, 2010). No entanto, a Portaria n.º 185/2022 de 21 de julho define alguns requisitos aplicáveis aos corretivos orgânicos, no qual se insere o composto de biorresíduos, que serão discutidas na seção 7 deste trabalho.

As características físicas utilizadas para determinar a qualidade do composto são o tamanho das partículas, a textura, a aparência e a ausência de detrito não compostáveis, consideradas indicadores importantes da qualidade do composto. As características químicas do composto são

importantes para determinar o seu valor como fertilizante ou corretivo do solo, a toxicidade potencial para a plantas e a facilidade de incorporação. As características químicas de interesse são o teor de matéria orgânica, o teor de humidade, o pH, os metais, os nutrientes e os sais solúveis (USDA, 2010).

A condutividade elétrica (CE) é um indicador do teor de sais solúveis. A avaliação deste parâmetro é importante porque níveis elevados de sal podem prejudicar as plantas. Por exemplo, após a aplicação de composto no solo, os sais geralmente são transportados para baixo por lixiviação o que pode levar à concentração de sais, aumentando o risco de danos às plantas. Por outro lado, a maioria dos sais solúveis são nutrientes solúveis, portanto, o composto com alta concentração de sal pode ser uma boa fonte de nutrientes quando aplicado em baixa quantidade (Sullivan *et al.*, 2018).

Outros nutrientes importantes para o crescimento das plantas são o fósforo, o potássio, o cálcio e o magnésio. Estes nutrientes presentes num composto maturado, assim como o N, têm características variáveis de libertação de nutrientes e disponibilidade para as plantas, pelo que a percentagem de nutrientes contidos é importante, assim como a proporção dos nutrientes pode afetar a absorção de nutrientes e o crescimento de plantas. No processo de compostagem, a relação entre a quantidade de C e N é um exemplo disso, uma vez que se este rácio for muito alto quando aplicado no solo, os microrganismos do solo competem com as plantas pelo N disponível no solo para obter energia para degradar o C adicional, resultando em N indisponível no solo (imobilização de N) que afeta o crescimento das plantas (USDA, 2010).

O teor de metais presentes no composto é também um importante fator a considerar na avaliação da qualidade do composto, especialmente quando é utilizado em culturas para consumo humano. É considerado uma preocupação maior para compostos produzidos através de resíduos urbanos (USDA, 2010), o que se verifica na compostagem comunitária realizada a nível nacional, embora existam restrições em termos de deposição de resíduos. Um composto pode ter as características físicas e químicas desejadas e mesmo assim não ser considerado um composto de qualidade se não for avaliado em termos microbiológicos, uma vez que podem estar presentes agentes patogénicos, como a *Salmonella* e a *Escherichia coli*.

O composto resultante da compostagem deve não só apresentar as características físico-químicas e biológicas adequadas, como também deve obedecer aos requisitos legais aplicáveis à sua colocação no mercado, se for caso disso. Em Portugal, o regime jurídico que regula a disponibilização de matérias fertilizantes encontra-se estabelecido no Decreto-Lei n.º 30/2022, de 11 de abril que define as regras a que se deve obedecer na colocação no mercado de matérias fertilizantes assegurando a execução das obrigações decorrentes do Regulamento (CE) n.º 2003/2003 e do Regulamento (UE) 2019/1009 (Diário da República n.º 71/2022, 2022).

3. Enquadramento Legal

3.1. Pacto Ecológico Europeu

O Pacto Ecológico Europeu é uma estratégia lançada em 2019 pela Comissão Europeia (CE) que consiste num pacote de iniciativas estratégicas que colocou a EU na via rumo a uma transição ecológica, com o objetivo último de alcançar a neutralidade climática até 2050. Este Pacto aborda questões ambientais como a biodiversidade, a poluição e as alterações climáticas, através da transformação dos sistemas alimentares, da agricultura, da energia, da indústria, dos edifícios e da mobilidade.

As iniciativas implementadas são fundamentais para alcançar uma recuperação sustentável e rápida e, em última análise, uma transição justa e equitativa, que não deixe nenhuma região para trás. Uma das metas é atingir emissões líquidas nulas para 2050 no que diz respeito às emissões de gases de efeito de estufa, e a CE propôs ainda aumentar a meta de redução das emissões para 2030 de 40% para 55% (União Europeia, 2021; European Commission, 2020).

Além disso, em 2020 foi lançado o novo “Plano de Ação para a Economia Circular” Europeu, que impulsiona a ambição do Plano anterior no caminho para um sistema de produção e consumo sustentável. A prevenção da produção de resíduos surge como uma das prioridades do Plano, traduzida por metas ambiciosas e pelo objetivo de evitar a produção de resíduos (Secretaria de Estado do Ambiente & Ministério do Ambiente e da Ação Climática, 2020).

3.2. Regime Geral de Gestão de Resíduos

Em Portugal, a gestão de resíduos é regulada pelo Decreto Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, que aprova o regime geral de gestão de resíduos, a regime jurídico da deposição de resíduos em aterro e altera o regime da gestão de fluxos específicos de resíduos, transpondo as diretivas (EU) 2018/849, 2018/850, 2018/851 e 2018/852. Este diploma legal define a separação na origem dos biorresíduos provenientes de atividades de restauração e industrial, de acordo com o cronograma: a) até 31 de dezembro de 2022, no caso de entidades que produzam mais de 25 t/ano de biorresíduos; b) até 31 de dezembro de 2023, nos restantes casos.

Os municípios operacionalizam a recolha seletiva dos biorresíduos até 31 de dezembro de 2023, adotando medidas necessárias para possibilitar a separação e reciclagem na origem dos biorresíduos através da compostagem doméstica ou comunitárias e outras soluções locais de reciclagem, ou através da sua recolha seletiva e posterior transporte para instalações de reciclagem, como compostagem e digestão anaeróbia, evitando a sua mistura no tratamento com outros resíduos. Podem ser recolhidos conjuntamente com os biorresíduos, as embalagens valorizáveis através da compostagem e biodigestão que cumpram os requisitos das normas nacionais e europeias aplicáveis (Diário da República n.º 239/2020, 2020).

3.3. Diretiva 2008/98/CE

A Diretiva 2008/98/CE estabelece o enquadramento legal para o tratamento de resíduos na União Europeia (UE). Tem como objetivos proteger o ambiente e a saúde humana, referindo a importância da utilização de técnicas adequadas de gestão, valorização e reciclagem dos resíduos de forma a reduzir as pressões exercidas sobre os recursos e melhorar a sua utilização.

Em síntese, esta Diretiva estabelece a hierarquia dos resíduos (prevenção, preparação para reutilização, reciclagem, outros tipos de valorização e eliminação), confirma o “princípio do poluidor -pagador”² e introduz o conceito de “responsabilidade alargada do produtor”³, refere que a gestão de resíduos deve ser efetuada sem criar riscos para a água, o ar, o solo, a flora ou a fauna, sem provocar perturbações sonoras ou por cheiros e sem prejudicar a paisagem rural ou os locais de especial interesse, indica que as autoridades nacionais devem elaborar planos de gestão de resíduos e programas de prevenção de resíduos, e ainda assinala condições especiais no diz respeito aos resíduos perigosos, aos óleos usados e aos biorresíduos (Jornal Oficial da União Europeia (2008).

3.4. Diretiva 2018/51

No âmbito de um pacote de medidas relativas à economia circular, a Diretiva 2018/51 alterou a Diretiva 2008/98/CE. A diretiva 2018/51 estabelece os requisitos mínimos operacionais para os regimes de responsabilidade alargada do produtor, reforça as regras relativas à prevenção de resíduos e indica as medidas a tomar, estabelece novas metas para a reciclagem de resíduos urbanos até 2025 (até 2025, devem ser reciclados, no mínimo 55% em peso, dos resíduos urbanos, percentagem que aumenta para 60% até 2030 e para 65% até 2035). Refere ainda que os Estados-Membros devem estabelecer, até 1 de janeiro de 2025, a recolha seletiva de resíduos têxteis e resíduos perigosos, produzidos pelas habitações, e assegurar que, até final de 2023, os biorresíduos são separados e reciclados na origem, por exemplo, através da compostagem (Jornal Oficial da União Europeia (2018).

A Diretiva 2018/51 inclui importantes modificações em relação aos biorresíduos:

- Até 31 de dezembro de 2023, os biorresíduos são separados e reciclados na origem, ou são recolhidos seletivamente e não são misturados com outros tipos de resíduos.

² Princípio do poluidor-pagador é um princípio diretor a nível europeu e internacional. O produtor de resíduos e o detentor de resíduos deverão assegurar a gestão de resíduos por forma a garantir um nível elevado de proteção do ambiente e da saúde humana.

³ Responsabilidade alargada do produtor: é um dos meios para apoiar a conceção e produção de bens em moldes que tenham plenamente em conta e facilitem a utilização eficiente dos recursos durante todo o seu ciclo de vida, inclusive na sua reparação, reutilização, desmantelamento e reciclagem, sem comprometer a livre circulação de mercadorias no mercado interno.

- Os Estados-Membros tomam medidas para incentivar a reciclagem, incluindo a compostagem, a digestão e a compostagem doméstica.
- A partir de 1 de janeiro de 2027, os Estados-Membros só podem contabilizar como reciclados os biorresíduos urbanos que entram no tratamento aeróbio ou anaeróbio se tiverem sido objeto de recolha seletiva ou de separação na fonte.

3.5. Plano Estratégico para os Resíduos Urbanos 2030

O PERSU 2030 tem como objetivo dar continuidade à aplicação da política nacional de resíduos, através da implementação de ações aos agentes envolvidos que permitam a concretização de políticas e orientações comunitárias e, ao mesmo tempo, contribuir para a valorização dos resíduos urbanos e redução do consumo de matérias primas naturais. O foco deste plano é a prevenção da produção de resíduos e a recolha seletiva, destacando as novas frações: resíduos têxteis, resíduos perigosos e biorresíduos.

O PERSU 2030 estabelece as metas específicas por Sistemas de Gestão de Resíduos Urbanos (SGRU) e faz a distribuição equitativa da responsabilidade de cumprimento de metas entre os SGRU e os municípios no que respeita aos quantitativos recolhidos seletivamente e tratados na origem de biorresíduos. O plano pretende, ainda, a devolução da TGR (Taxa de Gestão de Resíduos) ao setor, para reinvestimento em projetos que promovam a recolha seletiva e o tratamento na origem de biorresíduos. Este Plano determina uma meta de atingir uma taxa de 70% na captura de biorresíduos, proveniente de recolha seletiva e uma taxa de 50% na captura de reciclagem na origem. Os biorresíduos são uma questão prioritária da PERSU 2030, que segue as orientações e impulsionadores definidos na Estratégia para os Biorresíduos (Presidência do Conselho de Ministros, 2023).

3.6. Estratégia para os Biorresíduos

A Estratégia dos Biorresíduos foi elaborada em 2020 pelo Ministério do Ambiente e da Ação Climática com a colaboração de outras entidades, e consiste em medidas orientadas para assegurar a recolha e o tratamento de biorresíduos de forma a melhorar o quadro regulamentar e para garantir incentivos à sua implementação. Os principais objetivos são: *“garantir uma transição para a recolha seletiva de biorresíduos e a utilização de capacidade instalada de compostagem e de digestão anaeróbia, substituindo-se progressivamente a origens de recolha indiferenciada”,* e *“promover a utilização do composto resultante da valorização dos biorresíduos”*. Neste contexto, o documento apresenta medidas para os municípios desviarem os biorresíduos da rede de recolha diferenciada, acelerarem a introdução de incentivos, assegurarem o tratamento de biorresíduos, entre outros a fim de utilizar os biorresíduos a favor do ambiente e dos cidadãos (Secretaria do Estado do Ambiente, 2020).

4. Compostagem Comunitária em Portugal

A compostagem de resíduos orgânicos urbanos surge como uma forma de eliminar estes resíduos transformando-os em composto com o objetivo de o aplicar na agricultura (Gabrielle *et al.*, 2004) por ser uma fonte de carbono orgânico e outros nutrientes que, quando livre de potenciais contaminantes, pode ser utilizado como um corretivo orgânico do solo (Arrobas *et al.*, 2021).

A compostagem é essencial para a gestão sustentável de resíduos e das práticas agrícolas, uma vez que remete para a reciclagem de nutrientes. Este método tem sido cada vez mais utilizado pela agricultura a fim de contribuir para a qualidade do solo, para a produção de alimentos e, por conseguinte, para a sustentabilidade ambiental.

A compostagem apresenta benefícios a vários níveis, como o prolongamento da vida útil dos aterros, a redução das emissões de gases de efeito de estufa ao diminuir a quantidade de resíduos orgânicos presentes em aterro, a utilização de composto em substituição de fertilizante também melhora a qualidade do solo. Este método pode contribuir para a transição para uma economia circular, através do fecho do ciclo de nutrientes e da redução da dependência de recursos finitos e incentivando a conservação de recursos (Manea *et al.*, 2024).

4.1. Tipologia de biorresíduos aceites na compostagem comunitária

As regras para a realização da compostagem comunitária de biorresíduos urbanos em Portugal são definidas pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), e habilitam ao exercício desta atividade de acordo com o previsto no Anexo I do Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro que aprova o Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR), substituindo a obrigatoriedade de licenciamento.

A compostagem comunitária é destinada ao tratamento dos biorresíduos urbanos produzidos pelos cidadãos, sob a responsabilidade dos sistemas municipais e multimunicipais de gestão de resíduos urbanos. Os biorresíduos urbanos que podem ser compostados classificam-se com os códigos da Lista Europeia de Resíduos (LER) presentes na Tabela 1. No anexo 1 encontram-se as tipologias de resíduos aceites para compostagem, com e sem restos de cozinha e mesa (RCM) (APA, 2024a).

Tabela 1: Tipologia de biorresíduos aceites para compostagem comunitária. Retirado de APA, 2024a.

Código LER	Designação LER	Resíduos a Valorizar
Resíduos Urbanos e equiparados (resíduos domésticos, do comércio, indústria e serviços), incluindo as frações recolhidas seletivamente		
2001 – Resíduos depositados seletivamente		
200101	Papel e cartão	Papel de cozinha e guardanapos usados, em pequena quantidade
200108	Resíduos biodegradáveis de cozinhas e cantinas	Resíduos vegetais crus ou cozinhados, restos de carne, peixe, lacticínios
200125	Óleos e gorduras alimentares	Em pequena quantidade. Não incluir óleos alimentares usados
200138	Madeira não abrangida em 200137	Com pequenas dimensões e sem tratamentos, tintas ou outros químicos
200199	Outras frações, sem outras especificações	Borras e filtros de café e saquetas de chá
2002 - Resíduos de jardins e parques (incluindo cemitérios)		
200201	Resíduos biodegradáveis	Folhas e ramos verdes ou secos, ervas daninhas sem semente, flores e plantas não tratadas com produtos químicos, aparas de relva frescas ou secas, resíduos de ramos e arbustos resultantes de podas, caruma
2003 - Outros resíduos urbanos e equiparados		
200302	Resíduos de mercados	Restos de hortaliças, frutas, carne e peixe

4.2. Requisitos para a implementação de uma Ilha de Compostagem

O Decreto-Lei nº102-D/2020, de 10 de dezembro estabelece a obrigatoriedade de separação e recolha seletiva de biorresíduos. Em Portugal, a responsabilidade por esta recolha seletiva/reciclagem na origem dos biorresíduos cabe aos municípios, entidades gestoras “em baixa”, devendo estas articular-se com as entidades gestoras “em alta”, responsáveis pelo tratamento e valorização destes mesmos biorresíduos. Desta forma, os municípios têm vindo a apresentar vários projetos para o incentivo da compostagem doméstica e da compostagem comunitária.

A compostagem doméstica remete para a distribuição de compostores pela população ou outras entidades, para que estes transformem os resíduos em composto. Por norma, esta distribuição é acompanhada por campanhas de informação e sensibilização.

A compostagem comunitária consiste num modelo de tratamento/valorização de resíduos em local de acesso livre, com os meios necessários, no qual o munícipe entrega os resíduos para valorização, sob a forma de composto. Cada município apresenta as suas regras de participação, sendo por norma necessário o munícipe preencher um formulário de inscrição, escolher o centro de compostagem a utilizar e participar numa ação de sensibilização. O munícipe tem direito a um balde de deposição de resíduos e, por norma, a um manual de compostagem.

Define-se como ilha de compostagem o local que está ao dispor da comunidade e possui equipamentos que permitem a realização da compostagem por essa comunidade. Existem alguns requisitos para a instalação das ilhas de compostagem, enumeram-se de seguida (APA, 2024a):

- a) Devem ser compostas no mínimo por 2 ou 3 módulos e, no máximo, por 10 módulos, com capacidade máxima de até 1000L/cada, podendo ser utilizado por um máximo de 25 famílias por cada 1000L de capacidade.
- b) Localizar-se num espaço público, de fácil acesso e próximo de outras infraestruturas de utilização frequente especialmente de recolha de resíduos, num raio aproximado de 150 m da população que será utilizadora da ilha e afastado das habitações, pelo menos, 5 m ou, nos casos em que receberem RCM 10m.
- c) O local deve ter iluminação e a distância mínima entre ilhas de compostagem de 150 a 300 m.
- d) Deve-se evitar locais onde se detete focos de pragas e proceder à eliminação de eventuais focos de pragas, antes da instalação da ilha de compostagem;
- e) O acesso aos compostores deve ser condicionado aos utilizadores através de chave ou código para cadeado ou através de cartão de acesso com RFID;
- f) Deve existir um painel de identificação da instalação com instruções de utilização;
- g) O solo deve estar preparado para garantir uma boa drenagem de água e lixiviados, com grelha de enrelvamento e, se necessário, uma subcamada de brita para facilitar a boa drenagem. Adicionalmente, deve instalar-se uma malha de proteção no fundo dos módulos para impossibilitar a entrada de roedores.

De referir que é necessário definir equipas de compostagem comunitária com mestres de compostagem (pessoa que assegura a manutenção e monitorização das ilhas de compostagem) e outros envolvidos, e prestar formação inicial adequada aos técnicos de manutenção e monitorização e aos aderentes do projeto.

O composto resultante da compostagem comunitária deve ser utilizado apenas localmente, tanto pelos produtores (nas suas habitações, hortais, jardins ou quintais) como pelos sistemas municipais e multimunicipais nas suas áreas verdes (APA, 2024a).

4.3. Funcionamento da Ilha de Compostagem

A operação-chave na conceção do local é o número de transferências de material que se prevê que ocorram durante o processo. Existem compostores no qual são efetuadas transferências de material e compostores onde não são efetuadas estas transferências. Estes últimos correspondem a sistemas de compostagem de pequena escala, no qual a entrada de resíduos a serem compostados reside na parte superior e a extração do material estabilizado é feito na parte inferior. Assim, cada compostor atua como um espaço independente onde ocorre todo o processo: a fase de fermentação e a fase de maturação (González-Sierra *et al.*, 2019). No entanto, os locais de compostagem comunitária que existem em Portugal são na sua maioria com transferência de material.

O modelo operacional dos sistemas de compostagem com transferência de material remete para um primeiro módulo com entrada de resíduos orgânicos, e quando cheio, todo o conteúdo é transferido para o segundo módulo, de modo a que o primeiro permaneça vazio para receber novos resíduos orgânicos. Por norma, existe ainda um terceiro módulo, onde é colocado o material do segundo módulo, e assim sucessivamente. Os sistemas que envolvem duas transferências têm-se relevado os mais eficientes, uma vez que atribuem diferentes fases do processo a espaços independentes, de modo a que os processos biológicos e físico químicos possam ser monitorizados individualmente (González-Sierra *et al.*, 2019).

Resumidamente, os módulos compõem o seguinte:

- 1º Módulo: Fase de preenchimento do primeiro compostor, corresponde à fase mesofílica e ao início da fase termofílica do processo.
- 2º Módulo: Após o material do primeiro módulo ter sido transferido para o segundo, ocorre uma reativação do processo, graças à homogeneização da mistura, à recuperação da porosidade e à correção da humidade. Corresponde à fase termofílica do processo. O período de permanência neste módulo, e as condições ambientais, devem ser suficientes para que o material atinja o grau mínimo de maturidade necessário para obter o composto final.
- 3º Módulo: A fase de maturação pode ser prolongada neste módulo, de modo a alcançar uma maior estabilidade do composto resultante.

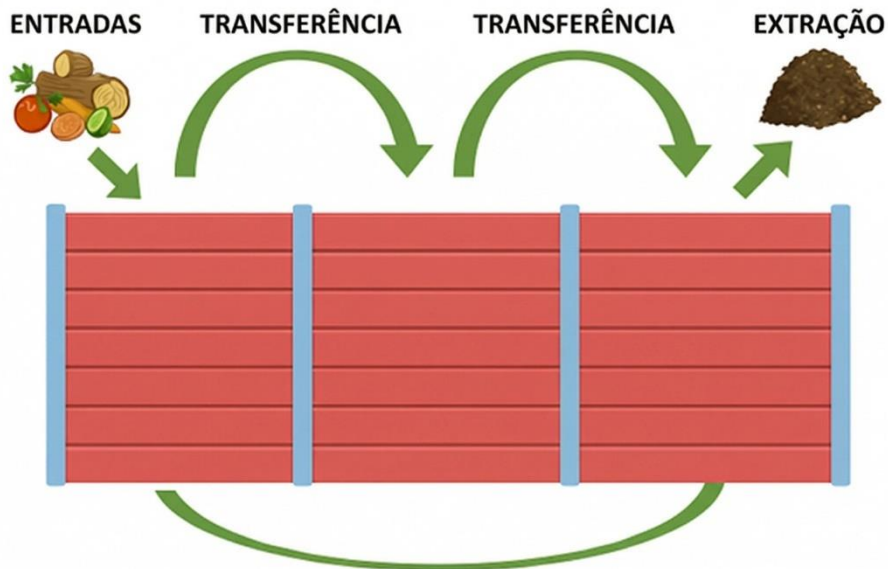


Figura 6: Modelo operacional de uma ilha de compostagem com três módulos. Fonte: Retirado de González-Sierra *et al.* (2019).

O número de módulos por local pode variar, mas na maioria das vezes há três, cinco, seis ou dez módulos de compostagem por local. A quantidade de módulos afeta diretamente a eficiência do processo, mas também afeta exponencialmente a capacidade de tratamento do local de compostagem, uma vez que uma combinação adequada de módulos de entrada de resíduos orgânicos e de maturação, poderá aumentar o período de residência e a eficiência do processo.

No caso do local possuir cinco módulos de compostagem, o processo funciona da seguinte forma (González-Sierra *et al.*, 2019):

1. Inicia-se a deposição de resíduos orgânicos.
2. Assim que o primeiro módulo está cheio, fecha-se e o módulo número 5 recebe os novos resíduos.
3. Após o módulo 5 estar preenchido, transfere-se o material do módulo 1 para o módulo 2, e o módulo 1 começa a receber novos resíduos novamente.
4. Após o módulo 1 estar novamente cheio, transfere-se o material do módulo 5 para o módulo 4, e o módulo 5 recebe novamente os resíduos.
5. Após o módulo 5 estar cheio, transfere-se o material do módulo 2 para o módulo 3 e do módulo 1 para o módulo 2. O módulo 1 recebe novos resíduos novamente.
6. Após o módulo 1 estar preenchido, transfere-se material do módulo 4 para o módulo 3 e do módulo 5 para o 4. O módulo 5 recebe novos resíduos novamente.
7. O composto resultante é extraído do módulo 3. Após o módulo 5 estar cheio, faz-se a transferência do material do módulo 2 para o 3 e do 1 para o 2. O módulo 1 recebe novos resíduos novamente.

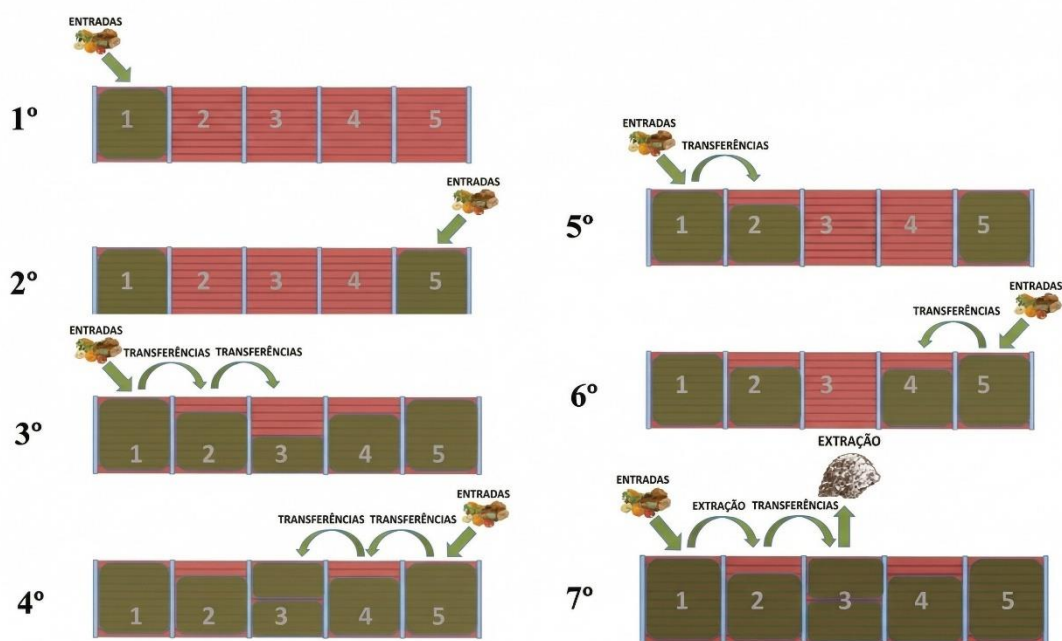


Figura 7: Modelo operacional de uma ilha de compostagem com três módulos. Fonte: Adaptado de González-Sierra *et al.* (2019).

4.4. Panorama da Compostagem Comunitária em Portugal

Após a obrigatoriedade da recolha seletiva dos biorresíduos em Portugal ser anunciada, os municípios implementaram projetos e iniciativas de forma a cumprir a legislação. Desta forma, optaram pela organização de compostagem doméstica, compostagem comunitária ou ainda a recolha seletiva de biorresíduos. Com o objetivo de entender qual o cenário da compostagem comunitária ao nível dos municípios, realizou-se uma pesquisa para quantificar o número de municípios que estão a realizar compostagem comunitária e quais os métodos de utilização e gestão.

De forma a quantificar o número de câmaras municipais que se encontram a realizar compostagem comunitária, procedeu-se a uma pesquisa nos *websites* das câmaras municipais de Portugal Continental, nos quais se procurou saber se efetuam esta prática ou não. Realizada a análise, e sabendo que Portugal Continental tem 278 municípios, verificou-se que existem evidências de que 75 municípios estão a efetuar compostagem comunitária, representando um total de 27% dos municípios (figuras, 8, 9 e 10).

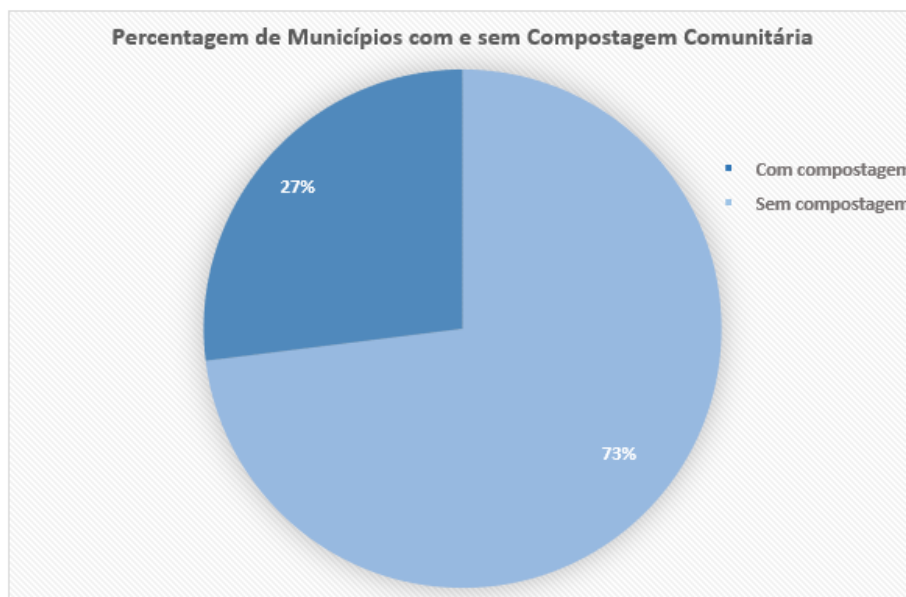


Figura 8: Percentagem de Municípios com e sem compostagem comunitária.

A análise dos dados recolhidos mostra que a implementação da compostagem comunitária varia significativamente entre os distritos, com distinções notáveis entre zonas urbanas e rurais. Os dados indicam que esta prática está mais presente em zonas rurais (41 municípios são rurais), sendo o distrito de Évora aquele que possui mais municípios que aderiram à compostagem comunitária, no entanto, os distritos de Portalegre e Beja também apresentam alguns municípios rurais a ter esta prática. Os distritos Porto, Aveiro, Santarém e Lisboa também evidenciam projetos de compostagem comunitária relevantes, maioritariamente em zonas urbanas, porém em menor quantidade, sendo no total 34 municípios urbanos a realizar compostagem comunitária.

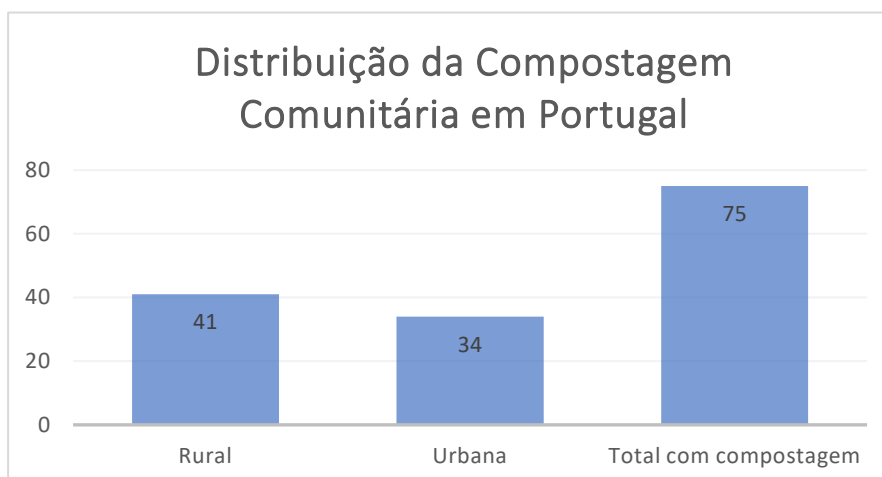


Figura 9: Distribuição da compostagem comunitária em Portugal.

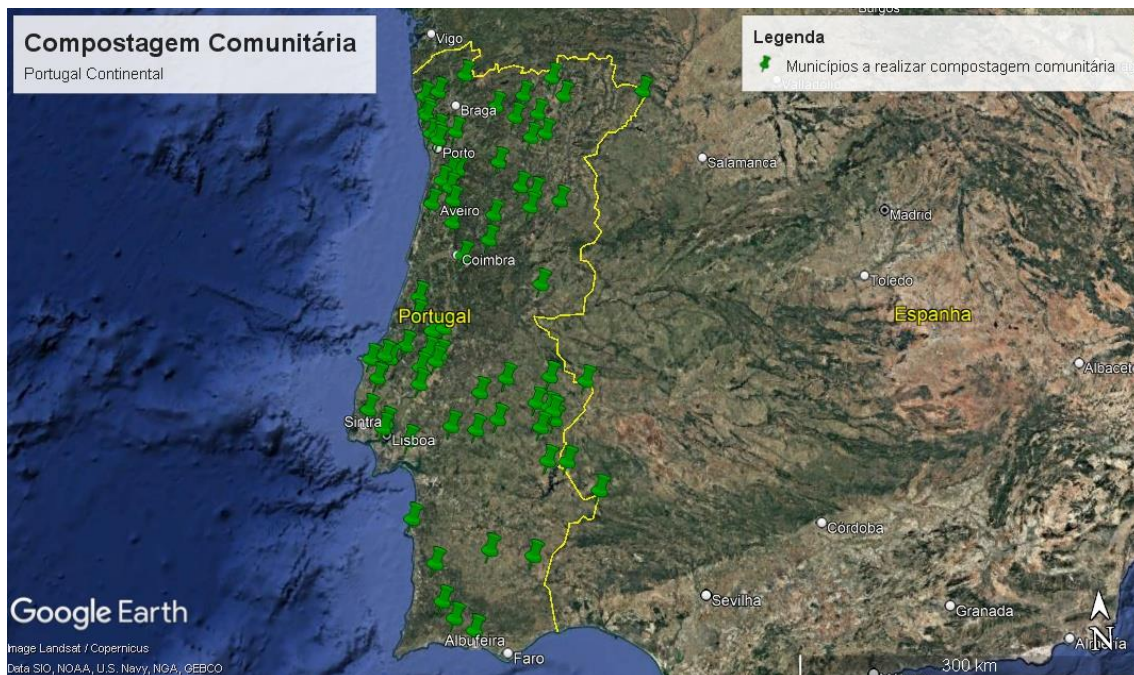


Figura 10: Mapa com a marcação dos municípios que realizam compostagem comunitária em Portugal Continental.

De acordo com a análise recolhida no *website* de cada município que se encontra a realizar compostagem comunitária, conclui-se que estão a seguir as normas da APA anteriormente referidas na seção 4.2. De forma a caracterizar os métodos utilizados, foram analisados os locais de implementação das ilhas de compostagem, o tipo de resíduo que pode ser colocado, o destino do composto produzido e como é feita a gestão e monitorização do composto. Na tabela 2 estão caracterizados estes métodos resumidamente.

Localização das Ilhas de Compostagem

As ilhas de compostagem situam-se em diversos locais, sendo os mais frequentes em áreas residenciais, parques verdes ou jardins, escola e hortas comunitárias. A estratégia dos municípios é integrar a compostagem em zonas próximas da população de forma a promover o envolvimento direto dos mesmos. Complementarmente, a realização de compostagem em escolas e espaços públicos têm um papel relevante na sensibilização ambiental, pois contribui para a consciencialização ambiental e o desenvolvimento de conhecimentos científicos (Santana *et al.*, 2023).

Tipologia de Resíduos Aceites

Os resíduos que podem ser valorizados são, maioritariamente, os resíduos verdes e castanhos sem RCM, compostos por folhas, restos de poda, relva, palhas e resíduos vegetais não cozinhados. No entanto, alguns municípios aceitam resíduos com RCM, porém apenas ovos esmagados e pão em pequenas quantidades.

Gestão e Monitorização do Composto

De acordo com a informação encontrada, a gestão e manutenção dos sistemas de compostagem ficam, na maioria das vezes, a cargo dos respetivos técnicos do município e das juntas de freguesia, no entanto, também podem ser responsáveis empresas externas, como é o caso da LIPOR no distrito do Porto. Em raros casos, são os participantes, como pode acontecer em locais em que a compostagem se realize por um pequeno número de famílias definido.

Destino do Composto

O composto orgânico resultante do processo de compostagem é, em geral, distribuído entre os municípios participantes e os serviços municipais, de forma a ser utilizado em espaços verdes da cidade.

Tabela 2: Quadro resumo com a caracterização dos métodos de compostagem comunitária.

Parâmetro	Caracterização dos métodos
Localização	Áreas residenciais, parques verdes ou jardins, escola e hortas comunitárias
Tipologia de Resíduos Aceites	Resíduos verdes e castanhos com e sem RCM
Gestão e Monitorização do Composto	Técnicos do município, técnicos de juntas de freguesia, empresas externas ou participantes
Destino do Composto	Distribuição aos municípios ou espaços verdes do município

5. Compostores Comunitários: Tipologias e Casos de Estudo

A compostagem de resíduos sólidos é, por norma, praticada ao ar livre, em túneis ou em sistemas fechados. Devido à rápida urbanização e falta de espaço para gerir todos os resíduos, adotou-se a realização da compostagem comunitária através de compostores. Estes, além de requererem menos espaço, também são economicamente vantajosos (Mahapatra *et al.*, 2022).

Um compostor deve permitir efetuar as fases mesofílica, termofílica e de maturação, deve possuir boa ventilação e possibilitar a mistura de resíduos e ainda possuir um compartimento para a recolha do excesso de água (Mahapatra *et al.*, 2022).

Existem diversos tipos de compostores comunitários, que se distinguem pelo seu material e estrutura, tecnologia associada ou escala de utilização. De seguida irei apresentar alguns exemplos do que está a ser utilizado em Portugal.

5.1. Compostores Comunitários em Portugal

a) Compostores Comunitários de Plástico Reciclado

Os compostores deste material são frequentemente utilizados para compostagem comunitária uma vez que têm características ideais para o armazenamento do composto por ser anti fungos e apodrecimento, apresenta maior durabilidade quando comparado a um de madeira, e apresenta menor grau de contaminação no composto resultante quando comparado com uma estrutura de zinco. Além disso, o facto de serem ripas de plástico permite a sua remoção aquando do manuseamento e retirada de composto (André, 2018). As desvantagens associadas a este tipo de compostor são a ventilação limitada em alguns modelos e a criação de maus odores.

Existem exemplos de compostores comunitários de material em plástico reciclado com uma estrutura metálica que permite reforçar o produto dos movimentos associados aos contrastes de temperatura, permitindo a instalação em zonas com diferentes climas.

Um exemplo deste tipo de compostores são os compostores produzidos pela empresa Floema sediada em Condeixa-a-Nova, Portugal. Apresentam uma solução que tem como objetivo garantir o sucesso do processo de compostagem, através da estrutura em plástico reciclado, personalização das tampas dos compostores com indicações de utilização, aplicação de cadeados para melhor gestão dos compostores, desenvolvem ainda uma ilha de compostagem, que pode incluir painel informativo, grelhas de enrelvamento em plástico reciclado cinzento para nivelar o solo e manter a permeabilidade do solo e vedação em plástico reciclado (figura 11) (Floema, s.d.).



Figura 11: Ilha de Compostagem da Floema. Fonte: Floema, s.d.

Existem também os compostores comunitários da Rodmarle (figura 12) que são fabricados em 100% de plástico reciclado e têm uma tampa em fibra de vidro. Estes compostores têm a particularidade de possuírem opções tecnológicas para a gestão, segurança e energia do compostor, que serão referidas no ponto 5.3 (Rodmarle, s.d.).



Figura 12: Compostores Comunitários da Rodmarle. Fonte: Rodmarle, s.d.

b) Compostores Comunitários de Estrutura Metálica

Este tipo de compostores apresentam um investimento mais elevado, no entanto têm uma alta durabilidade e resistência às intempéries. O aço inoxidável resiste à ferrugem e à contaminação, no entanto, o possível aquecimento excessivo nos períodos de altas temperaturas pode interferir no processo de compostagem.

A empresa *Estúdio D1* sediada em Vila do Conde comercializa compostores comunitários fabricados em plástico reciclado ou em aço, ambos 100% reciclados, e compõe ainda elementos metálicos galvanizados a quente. Cada módulo de compostagem tem 1m³, a abertura da tampa para os utilizadores é de 45 °C mas, para fins de manutenção, é possível abri-la completamente, removendo os amortecedores sem necessidade de ferramentas adicionais (figura 13).

No que diz respeito à segurança, os compostores possuem cadeados para a sua abertura, e as tampas suportam o peso de uma pessoa sem deformar (Estudio D1, 2025).



Figura 13: Compostores Comunitários da Estúdio D1. Fonte: Estudio D1, 2025.

c) Compostores Comunitários de Madeira

Os compostores em madeira são de fácil construção, integram-se esteticamente em espaços verdes e têm uma boa ventilação. Os aspetos menos positivos associados a estes compostores são a degradação ao longo do tempo e a necessidade de manutenção ou substituição periódica.

Na tabela 3 são apresentadas as características dos compostores comunitários que são comercializados em Portugal, referindo o tipo de material e estrutura, dimensões típicas e sistemas tecnológicos.

Tabela 3: Caracterização de Compostores Comunitários comercializados em Portugal

Empresa	Capacidade (L)	Material	Estrutura	Dimensões (cm)	Tecnologia Integrada	Segurança Avançada	Energia Autônoma	Tampa
FLOEMA	1000	Plástico reciclado	Plástico reciclado	-	-	Cadeado	-	-
Rodmarle	1000	Plástico reciclado	Plástico reciclado	100 * 100 * 100	Monitorização temperatura e humidade em tempo real	Sistema de acesso por RFID GPS incluído	Painel solar para todos os sistemas eletrónicos	Ripado 20 mm
Rodmarle	1000	Plástico reciclado	Metálica	100 * 100 * 100	Monitorização da temperatura e humidade em tempo real	Sistema de acesso por RFID GPS incluído	Painel solar para todos os sistemas eletrónicos	Fibra de vidro
ESTUDIO D1	1000	Plástico reciclado	Metálica	100 * 100 * 100	-	Acesso condicionado eletrónico Cadeado	-	Metal

5.2. Compostores Comunitários Internacionais

5.2.1. Espanha

a) Vermican

A empresa Vermican situa-se em Mutilva, localidade situada na Comunidade Foral de Navarra, no norte de Espanha. Administrativamente, pertence ao município Valle de Aranguren e integra a área metropolitana de Pamplona. A empresa é especializada na gestão de resíduos orgânicos, com foco em soluções de compostagem comunitária e descentralizada. Apresentam serviços na área de consultoria na área de resíduos e ainda organizam campanhas de sensibilização ambiental.

O Compostor Modular da Vermican é líder de mercado em ilhas de compostagem em todo o país. A empresa desenvolveu o primeiro compostor modular em 2014 e desde então já instalou mais de 2000 unidades, em que cada uma gerou em média 18 toneladas de matéria orgânica anualmente (Vermican, s.d.).

O compostor é construído em plástico reciclado e as tampas podem ser em vidro ou plástico 100% reciclado. Os perfis metálicos que compõem o sistema de suporte e a sua estrutura perimetral interior possuem tratamentos de proteção de galvanizados a quente que garantem a sua utilização durante muitos anos (figuras 14 e 15).

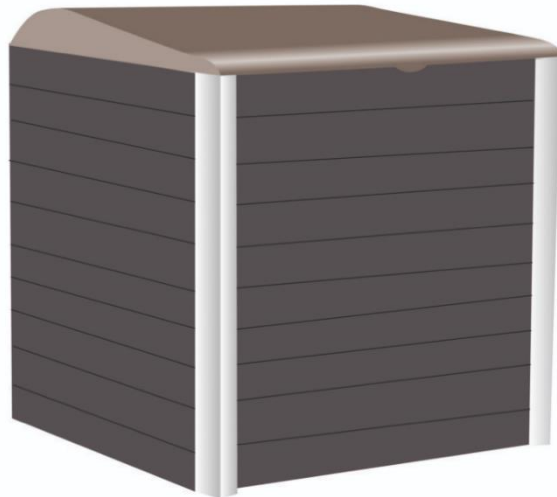


Figura 14: Design do módulo do compostor Vermican. Fonte: Vermican (s.d.).



Figura 15: Ilha de Compostagem Comunitária da Vermican. Fonte: Vermican (s.d.).

O compostor apresenta duas opções de material da tampa, pode ser de fibra de vidro ou de plástico 100% reciclado. Estes materiais permitem que não sejam transferidos metais pesados para o composto e o peso da tampa não coloca os utilizadores em risco no caso de fortes rajadas de vento.

A tampa de fibra de vidro impede que a água da chuva entre no compostor, enquanto o seu design em curva proporciona um comportamento ótimo em relação ao vapor gerado pelo processo de compostagem. O vapor de água que é acumulado no interior da tampa desloca-se para a frente do compostor e evita que o excesso de humidade se acumule no interior.

Uma das vantagens deste tipo de tampa é o facto de não gerar movimentos dimensionais devido ao calor, como pode acontecer com o plástico ou aço. A abertura da tampa é realizada a 45° ou a 90°, o que facilita a utilização segura do compostor e a sua manutenção em profundidade.

A tampa de plástico reciclado também apresenta os mesmos benefícios em relação à água da chuva e à água do processo de compostagem. A sua versatilidade permite adotar o sistema de fecho do compostor com várias opções, como cadeados, sistema de fecho magnético, por pressão ou por sistemas de acesso eletrónico. Quando a tampa está aberta, é possível retirar as placas perimetrais e intermodais para realizar as tarefas de ventilação e transferência de matéria orgânica de um módulo para outro. A abertura do compostor pode ser feita através de cadeados, sistemas magnéticos ou ainda sistemas de acesso eletrónico (Vermican, s.d.).

5.2.2. França

a) Ekovore

A EKOVORE é uma empresa francesa sediada em Nantes que se dedica ao desenvolvimento de equipamentos com design ecológico, promovendo práticas sustentáveis e contribuindo para a transição ecológica, especialmente nas áreas de resíduos, limpeza e gestão da água. Os seus produtos são projetados para reaproveitar recursos na origem, como água da chuva, resíduos orgânicos e vidro, integrando estes componentes em ciclos de reutilização e reciclagem, de acordo com os princípios da economia circular.

A empresa desenvolveu soluções inovadoras no que diz respeito a compostores comunitários, apresentam duas tipologias de compostores que denominam de compostor coletivo urbano e compostor coletivo modular. O primeiro foi concebido para se integrar nas zonas urbanas e para haver um maior conforto na sua utilização para compostagem. O seu design assemelha-se a um quiosque e foi desenhado para ser colocado em espaços públicos e condomínio, que tem capacidade para produzir composto para 50 famílias (figura 16).

Este compostor apresenta uma conceção prática e adaptável, em que a instalação é facilitada, sem necessitar de terraplanagem, e os pés ajustáveis permitem estabilidade mesmo em solos inclinados. O sistema inclui compartimentos internos para armazenamento de acessórios e matéria seca, assim como um espaço dedicado à introdução de microfauna, permitindo compostagem eficiente mesmo sem contacto direto com o solo. A estrutura é fabricada em metal e foi desenhada para garantir durabilidade e proteção contra intempéries, com cobertura impermeável e telhado vegetalizado que contribui para a integração paisagística.

Uma característica adicional relevante é a incorporação de um reservatório de água, destinado à limpeza dos recipientes utilizados na recolha de resíduos orgânicos, promovendo boas práticas de higiene sem desperdício de recursos. A compatibilidade com caixas-paleta facilita a extração do

composto final, e existem superfícies exteriores que estão preparadas para a colocação de material informativo ou educativo (EKOVORE, s.d.).



Figura 16: Compostor Coletivo Urbano. Fonte: Ekovore, s.d.

Os compostores coletivos modulares, consistem numa solução inovadora de estrutura em aço galvanizado, com placas de madeira resistentes à decomposição, com espaço entre cada de modo a permitir a ventilação periférica completa e promover a fermentação aeróbica.

Este compostor não assenta completamente no solo, de forma a facilitar a remoção do composto. Inicialmente, o compostor deve ser alimentado com microrganismos, minhocas e outros microrganismos essenciais ao processo de compostagem. A utilização do compostor consiste em movimentar o composto de módulo em módulo para acelerar o processo e em colocar matéria seca, guardada na caixa mais baixa do compostor, do lado direito, como mostra a figura 17.

Para impedir a entrada e instalação de roedores, todo o compostor é protegido por grelhas anti roedores, ou seja, estruturas de malha metálica ou material resistente, instaladas nas aberturas ou na base do compostor, para impedir a entrada de ratos e outros roedores, sem comprometer a ventilação ou o escoamento.

Além disto, este equipamento foi especialmente desenvolvido para prevenir transtornos musculoesqueléticos, proporcionando uma utilização mais ergonómica e confortável, tanto para jardineiros como para gestores de espaços verdes.

A estrutura inclui uma porta e tampas que permitem fácil acesso ao composto. É montada sobre pés e possui um fundo inclinado, o que facilita significativamente o esvaziamento do conteúdo. Por estar elevada do solo, permite o enchimento, por gravidade, de carrinhos de mão ou outros recipientes, simplificando assim o transporte do composto de forma prática e eficiente (Ekovore, s.d.).



Figura 17: Compostor Coletivo Modular da Ekovore. Fonte: Ekovore, s.d.

5.2.3. Itália

a) CRtec

A empresa CRtec tem sede em Basilicata e é uma empresa em crescimento que tem como objetivo abrir espaço para uma mentalidade cada vez mais focada no desenvolvimento sustentável. A empresa apresenta duas soluções no que diz respeito à compostagem comunitária: compostores comunitários e ilhas ecológicas de compostagem.

Os compostores comunitários que a empresa comercializa são concebidos e fabricados na mesma, sendo construídos inteiramente por aço inoxidável. O objetivo dos compostores é a valorização de resíduos orgânicos em pequenos municípios, em restaurantes (pequenos e grandes), empreendimentos turísticos, entre outros, a custos reduzidos.

O processo de compostagem nos depósitos do compostor é constituído por três fases:

1. Degradação bioquímica por enzimas hidrolíticas;
2. Transformação biológica;
3. Maturação.

O compostor é gerido por fases, movendo e transportando o material orgânico a ser tratado num ciclo que tem uma duração variável de 30, 60 ou 90 dias. Todas as fases possuem sensores que transmitem os dados a um Controlador Lógico Programável CLP e são visíveis num monitor. O CLP permite controlo automáticos dos parâmetros fundamentais do processo (oxigénio, temperatura, humidade e CO₂). Além disso, o sistema está equipado com um sistema de movimentação interna alimentado por motores elétricos. Desta forma, todo o processo é gerido e controlado automaticamente (figura 18) (CRtec, 2022).



Figura 18: Compostor Comunitário da CRtec, produzido em Itália. Fonte: CRtec, 2022.

As ilhas ecológicas de compostagem são automatizadas, autónomas e autossuficientes, permitindo o acompanhamento de todos os resíduos entregues. O objetivo é localizar-se num sítio estratégico, de modo a integrar-se no território e ser mais fácil para o utilizador. A estrutura é resistente e adequada às diversas aplicações, e está ainda equipada com sistemas de higienização para eliminar os odores e a prevenir aparecimento de insetos (figuras 19 e 20) (CRtec, 2022).



Figura 19: Ilhas Ecológicas Comunitárias da CRtec, produzido em Itália. Fonte: CRtec, 2022.



Figura 20: Ilhas Ecológicas Comunitárias da CRtec, produzido em Itália. Fonte: CRtec, 2022.

b) Komposta

A Komposta é uma start-up sediada em Itália, Bellante, que visa reduzir o impacto ambiental associado ao descarte de resíduos orgânicos e promover a sua transformação em solo fértil e nutritivo, através da utilização de máquinas de compostagem eletromecânicas. Apresentam diversas soluções inovadoras, com diferentes capacidades e tamanhos, adaptadas às necessidades de restaurantes, cantinas, estabelecimentos hospitalares, escolas, eventos.

No que diz respeito a compostores comunitários, a Komposta apresenta duas soluções: Compostor Iota 2/5 e Iota 2/10, a diferença reside na capacidade de resíduos que podem ser tratados, em que no primeiro são tratadas 5 toneladas de resíduos por ano e no segundo 10 toneladas de resíduos por ano. Estes compostores eletromecânicos comunitários são desenhados para contextos urbanos: municípios e condomínios, escolas, hotéis e parques de campismo, cantinas e navios de cruzeiro.

A estrutura é fechada em aço galvanizado ou aço inoxidável e a operação é concebida para funcionar com pouca intervenção manual, exigindo apenas ações pontuais relacionadas com a colocação de resíduos, adição de material estruturante e remoção do composto final. Este tipo de compostor distingue-se dos modelos tradicionais por permitir um tratamento mais intensivo e com menor exigência operacional ao longo do ciclo de compostagem (figura 21).

É permitido colocar resíduos de alimentos, como frutas, vegetais, espinhas de peixe, ossos de frango, resíduos semilíquidos, corte e poda, serragem, pratos e recipientes compostáveis. Pelo contrário, não são permitidas cascas de coco, ossos de maiores dimensões e materiais inorgânicos (Komposta, s.d.).



Figura 21: Compostor Comunitário da Komposta. Fonte: Komposta, s.d..

5.3. Tecnologias Integradas nos Compostores

Nesta secção apresenta-se as tecnologias presentes nos compostores anteriormente descritos, organizados por categoria tecnológica, com base em informações retiradas nos *websites* das respetivas empresas: Rodmarle; CRtec; Ekovore; Komposta.

a) Sensores e Monitorização do processo

A monitorização contínua dos parâmetros críticos da compostagem (temperatura, humidade, CO₂, etc.) é uma das inovações mais significativas dos compostores comunitários inteligentes. Estes sensores permitem garantir condições ideais ao longo de todo o processo, prevenir falhas e assegurar a qualidade do composto.

Rodmarle: monitorização de temperatura e humidade em tempo real.

CRtec: possui um monitor de ecrã tátil integrado no compostor com duas funções, uma é controlar e a outra é de processamento da máquina, ou seja, é possível monitorizar o progresso do processo, logo todos os parâmetros predefinidos, tais como temperatura, humidade, CO₂ e todos os sensores relacionados com a segurança, bem como definir e ajustar todos os parâmetros e processos de intervenção, otimizando e minimizando o tempo de processamento, reduzindo os gastos de energia.

Ekovore: o compostor urbano possui sondas conectadas para quantificar o enchimento.

Komposta: encontra-se equipado com termorregulador, sensor de humidade, sensor de temperatura e indicador de nível de enchimento. Estes elementos permitem uma gestão precisa do microambiente interno e evitam falhas de processo.

b) Sistemas de Acesso e Segurança

Rodmarle: sistema de acesso por RFID, garantindo que apenas utilizadores autorizados tenham acesso ao compostor, e GPS integrado.

CRtec: possui uma bateria de aquecimento das condutas de ventilação que assegura o correto aquecimento do microclima criado no interior das câmaras de processo, aquecendo controladamente de forma a não provocar sobreaquecimento.

Ekovore: o compostor urbano possui grades e tampas anti-roedores, abertura assistida das portas e sistema de fecho com trincos de pressão.

c) Modo de Alimentação e Eficiência Energética

Rodmarle: possui a opção de ter energia autónoma através de um painel solar incorporado que garante autoconsumo energético para todos os sistemas eletrónicos do compostor, incluindo a fechadura elétrica.

CRtec: os compostores funcionam com motores elétricos que acionam a movimentação interna do material, bem como sistemas de ventilação forçada e um sistema de aquecimento das condutas de ar, que mantém a temperatura interna controlada, evitando sobreaquecimento. Estes elementos exigem uma gestão energética eficiente, já que o sistema opera em ciclos de 30, 60 ou 90 dias, de forma contínua.

Komposta: requer alimentação elétrica trifásica e, dependendo do modelo, pode necessitar de descarga de águas residuais ou ligações ao sistema de ventilação.

d) Aplicações Digitais e Monitorização Remota

Komposta: Inclui uma aplicação própria que permite gestão remota do equipamento, visualização dos dados operacionais, e ajustes à distância em tempo real.

e) Automatização do Processo

CRtec: possui sistemas de ventilação *in/out* e *out/in*. A aspiração *in/out* permite manter a máquina sob vácuo favorecendo a saída de vapor de água produzido no processo. Em consonância com este sistema de arejamento *in/out* existe o kit de extração de ar constituído por um extrator de duas potências e biofiltro para a eliminação de odores. O sistema de insuflação *out/in* existe em cada câmara de processo e promove a oxigenação da composição mantendo um fornecimento constante de oxigénio “indispensável para os microrganismos do processo”.

A câmara dupla com bobinas permite separar as fases do processo, separando temperaturas. As bobinas internas independentes por câmara garantem uma correta homogeneização e equilíbrio do carbono e do azoto. Além disto, o facto de existir uma câmara dupla aumentos os pontos de arejamento da instalação, favorece o fornecimento de oxigénio, essencial para o processo.

Ekovore: o compostor urbano possui um sistema de revolvimento manual integrado.

Komposta: sistema de compostagem com digestão aeróbica automática, pás de mistura integradas, lâminas de trituração e estrutura fechada. O descarte de resíduos e a recolha do composto são feitos por portas separadas, garantindo segurança e continuidade do processo.

5.3.1. Aplicações Digitais de Monitorização e Gestão

Foi criada uma aplicação intitulada “Revitaliza” no projeto com o mesmo nome em Pontevedra, Espanha, que permite identificar os Centros de Compostagem Comunitária (CCC) e realizar registos.

O projeto Revitaliza, em conjunto com o Conselho de Pontevedra define as tarefas mínimas a realizar em cada CCC pela equipa técnica. Na primeira fase, de depósito inicial, as tarefas constituem uma supervisão mínima duas vezes por semana para (Deputación Pontevedra, 2025b):

- 1) Medição da temperatura e verificação do nível de enchimento, dados que são colocados na aplicação “Revitaliza”;
- 2) Revolvimento do material em decomposição e realizar os devidos ajustes;
- 3) Quando o módulo atingir um enchimento mínimo de 80%, deve ser fechado e registado na aplicação “Revitaliza” com a indicação “fim de campanha”.
- 4) Nos módulos que já foram fechados, e que aguardam a sua transferência para a fase seguinte do processo, apenas se devem realizar medições de enchimento e temperatura, sem qualquer outra intervenção, exceto em casos em que seja necessário.

A previsão de uma supervisão mínima de duas vezes por semana, foi definida de acordo com as médias observados nos CCC em funcionamento, no entanto, deverá ser assegurada manutenção sempre que seja necessário, de forma a que se mantenham sempre em perfeitas condições de funcionamento e manutenção.

Na fase de higienização, as tarefas mínimas a realizar são:

- 1) Monitorização (medição de temperatura, nível de enchimento e identificação de possíveis incidências) e registo dos dados na aplicação.
- 2) Verificação da necessidade de revolvimento e regas.

- 3) Nos registos de transferência do material é obrigatório tirar uma fotografia do perfil do material e associá-lo ao respetivo registo na aplicação.

Na fase de maturação, as tarefas mínimas são:

- 1) Monitorização (medição de temperatura, nível de enchimento e identificação de possíveis incidências) e registo dos dados na aplicação.
- 2) Não devem ser necessários revolvimentos e regas, exceto em casos específicos.
- 3) Na remoção do material deve efetuar-se a crivagem do material para que possa ser distribuído.

A aplicação “Revitaliza” permite conhecer a localização dos CCC que estejam a um raio de 250 metros de distância do utilizador do telemóvel. Após a seleção do CCC no qual o utilizador irá trabalhar, a aplicação apresenta um painel de controlo do CCC no qual para cada Unidade Modulares de Compostagem (UMC) do CCC escolhido, é possível visualizar o nível de enchimento em percentagem e a temperatura central, conforme o último registo introduzido para cada UMC. Na figura 22 é possível verificar o design da aplicação, bem como os campos para localização dos CCC e as suas características (Deputación Pontevedra, 2025b).

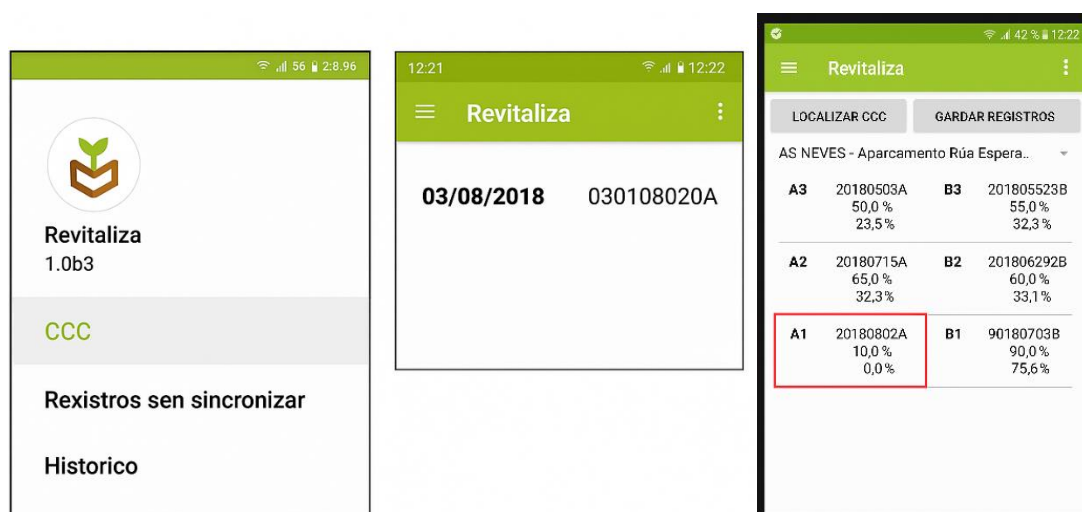


Figura 22: Painel de controlo do CCC na aplicação “Revitaliza”. Fonte: Deputación Pontevedra, 2025b.

É possível colocar novos registos nos módulos de compostagem (figura 23). Existe um campo obrigatório, o campo do enchimento, e ainda campos opcionais que incluem a temperatura central, temperatura superficial, observações e fotografias. A temperatura ambiente é carregada automaticamente pela aplicação.



Figura 23: Campos de preenchimento na aplicação "Revitaliza". Fonte: Deputación Pontevedra, 2025b.

A aplicação permite colocar as transferências de material de uma unidade para outra, de forma a poder acompanhar-se a evolução no processo de compostagem, como mostra a figura 24. Desta forma, ficam registadas as unidades de compostagem com o depósito inicial, as que estão misturadas e os que estão finalizados, com espaço para observações e imagens. O Manual da aplicação “Revitaliza” que se encontra no *website* do Conselho e Pontevedra tem todas as indicações passo a passo para cada registo.

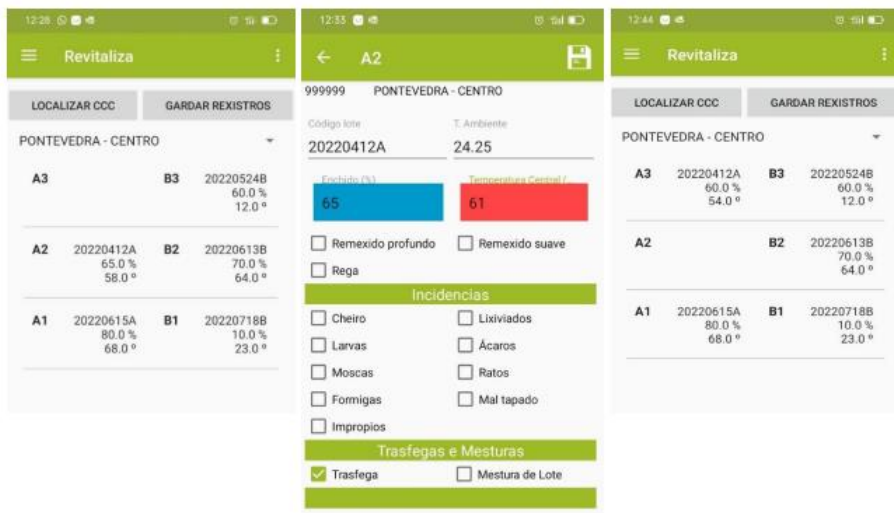


Figura 24: Campos de transferência na aplicação "Revitaliza". Fonte: Deputación de Pontevedra, 2025b.

5.4. Casos de estudo

5.4.1. Caso da LIPOR

A LIPOR – Associação de Municípios para a Gestão Sustentável de Resíduos do Grande Porto – foi fundada em 1982 como Associação de Municípios e gere, valoriza e trata resíduos urbanos produzidos pelos 8 municípios que a integram: Espinho, Gondomar, Maia, Matosinhos, Porto, Póvoa de Varzim, Valongo e Vila do Conde. Além disto, organizam campanhas de sensibilização junto da população e partilham boas práticas.

A gestão de resíduos leva em conta a adoção de sistemas integrados e a minimização da deposição de resíduos no aterro, através de uma gestão baseada em quatro componentes principais: a Valorização Multimaterial, a Valorização Orgânica e a Valorização Energética, complementadas por um Aterro Sanitário para a receção dos processos e de resíduos previamente preparados.

A LIPOR, em parceria com alguns municípios, desenvolveu um projeto de compostagem comunitária em vários locais dos concelhos de Maia, Porto, Póvoa de Varzim, Vila do Conde e no próprio espaço da LIPOR (LIPOR, 2025):

- Concelho de Maia: Sobreiro; Milheirós; Nogueira e Silva Escura; São Pedro Fins.
- Concelho do Porto: Amial; Paranhos.
- Concelho de Póvoa de Varzim: Balasar
- Concelho de Vila do Conde: Praça Froila Crescones
- LIPOR (Baguim do Monte)

Estes espaços podem ser utilizados pelos respetivos residentes do município onde estão dispostos os designados espaços de compostagem comunitária, e na área de intervenção da LIPOR, designados espaços de compostagem comunitária voluntária, pode participar qualquer cidadão que resida nos municípios associados da LIPOR. Para os agregados familiares poderem participar têm de:

- Preencher um formulário de adesão ao projeto;
- Participar numa ação de esclarecimento sobre compostagem;
- Participar em questionários, estudos e testes a realizar pela LIPOR e municípios associados no âmbito do projeto;
- Após validação, é atribuído o local de compostagem comunitária por parte da LIPOR.

Os utilizadores têm direito a um balde para deposição e transporte de resíduos alimentares. Nos espaços de compostagem comunitária, existe uma pessoa que é responsável pela manutenção,

monitorização, sensibilização e por reportar qualquer questão à LIPOR/Município, e a LIPOR é responsável por acompanhar a sensibilização, monitorização, e esclarecimento de dúvidas dos espaços de compostagens existentes. No espaço de compostagem comunitária voluntária, há um monitor voluntário responsável pela manutenção, revolvimento e hidratação do processo e respetiva comunicação com a LIPOR (LIPOR, s.d). A figura 25 remete para o espaço de compostagem na LIPOR.



Figura 25: Ilha de Compostagem na LIPOR. Fonte: LIPOR, 2025.

5.4.2. Caso de Pontevedra, Espanha

A província de Pontevedra localiza-se na Galiza, uma região composta por cidade e vilas pouco povoadas, uma vez que representa 6% da população, e a cidade de Pontevedra possui 2% da população espanhola. Apenas 9% dos resíduos desta província eram recolhidos de forma seletiva em 2017, sendo que os restantes 91% eram transportados para incineração (80%) ou para aterros sanitários (20%), a uma distância de 100 km.

Com o objetivo de tornar a gestão de resíduos mais sustentável, principalmente os biorresíduos, que ocupam entre 53% a 55% dos resíduos produzidos anualmente por cada habitante, a província lançou um projeto intitulado de “Revitaliza” direcionado para a construção de um sistema de compostagem descentralizado na região.

Pontevedra é composta por 61 municípios, com uma população aproximada de 960 000 habitantes, do quais 50% vivem em zonas rurais. O objetivo do projeto “Revitaliza” é chegar aos 60 municípios, excluindo a cidade com maior densidade populacional, com 300 000 habitantes, que residem numa área densamente povoada. Do total dos municípios, 44 já aderiram ao projeto (Condamine, 2019).

O projeto apresenta três opções de compostagem, dependendo da densidade populacional da zona:

- 1) compostagem individual, que consiste na distribuição de compostores para casas, direcionado

para zonas com uma população entre os 100 e os 1000 habitantes; 2) compostagem comunitária, refere-se aos compostores a que toda a comunidade pode ter acesso, pensados para áreas densamente povoadas, e o número de locais de compostagem comunitária depende da dimensão da comunidade; 3) nas zonas com uma elevada densidade populacional em que a compostagem doméstica e compostagem comunitária não são viáveis, foram estabelecidas pequenas centrais de compostagem para o tratamento de biorresíduos (Condamine, 2019). Na figura 26 é possível verificar que a compostagem é realizada por grande parte dos municípios.

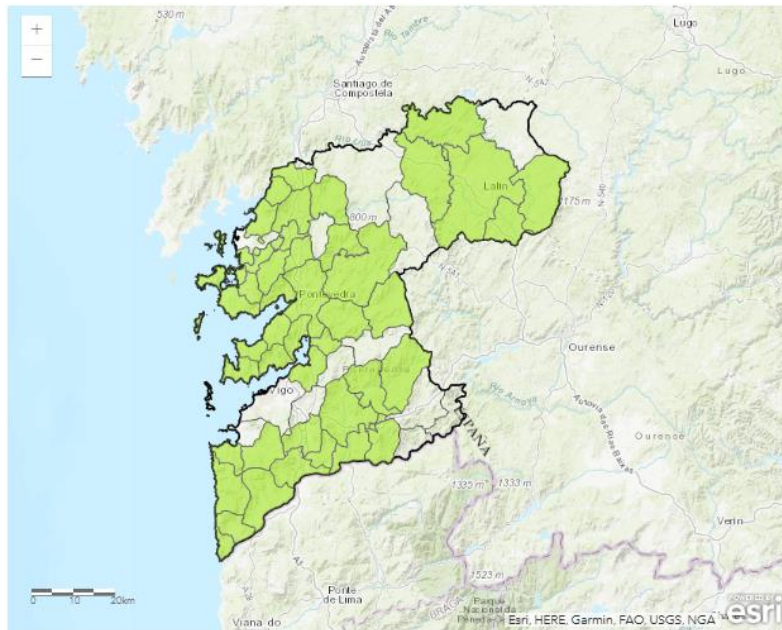


Figura 26: Mapa de Municípios com Centros de Compostagem Comunitária. Fonte: Deputación Pontevedra (2025a).

Os CCC de Pontevedra são concebidos para utilização de comunidades e de pequenos/médios produtores singulares, como entidades hoteleiras, escolas, supermercados, frutarias, talhos, peixarias, mercados municipais, entre outros. Os compostores são do tipo modular, o que permite adaptar-se a uma ampla variedade de fluxos de resíduos, formas e espaços disponíveis.

As UMC's constituem compartimentos cúbicos idênticos, com capacidade de 1 m^3 , que podem ser encaixados entre si pelas partes laterais. Os CCC são compostos por 3, 6 ou no máximo 10 UMC's, conforme as necessidades de cada comunidade. Os compostores utilizados neste projeto são os da Vermican, anteriormente descritos, como se pode verificar na figura 27.



Figura 27: Centro de Compostagem Comunitária em O Chanto, Galiza. Fonte: La Voz de Galicia, s.d.

No projeto Revitaliza, os residentes que não possuem compostor doméstico, colocam os biorresíduos no módulo e a manutenção é efetuada de forma controlada pelos mestres de compostagem da equipa técnica do projeto.

Os resíduos que podem ser colocados incluem resíduos verdes e castanhos não cozinhados e cozinhados, como restos de comida, peixes e espinhas, carnes e ossos, pão, cascas de ovos, frutos secos, e ainda papel de cozinha e saquetas de chá.

Nos CCC existem sacos ou caixas com material seco para os cidadãos cobrirem os seus resíduos orgânicos. O composto resultante é disponibilizado à comunidade participante e nos jardins municipais. Foi criada uma aplicação intitulada “Revitaliza” que permite identificar os CCC e realizar registos, descrita anteriormente no ponto 5.3.1 (Deputación Pontevedra, 2025a).

5.4.3. Caso de Besançon, França

A cidade de Besançon localiza-se no leste de França, perto da fronteira com a Suíça. É a capital da região histórica e cultural do Franco-Condado, abriga a sede de conselho regional Borgonha – Franco – Condado e é um importante centro administrativo da região. Possui cerca de 120 000 habitantes, segundo dados de 2021 (Besançon, 2024).

A gestão de resíduos em Besançon é realizada por três grupos de municípios, incluindo a Autoridade da Grande Besançon, que são responsáveis pela recolha de resíduos numa área de 1300 km², abrangendo 165 municípios e 224 186 habitantes, dos quais 85% vivem em Besançon. Estes três grupos de municípios compõem o SYBERT, uma autoridade pública conjunta responsável pelo tratamento de resíduos.

Em 2008 os conselheiros locais do SYBERT impulsionados pela vontade política do presidente da época, decidiram repensar o sistema de gestão de resíduos em detrimento da reconstrução do

antigo incinerador. A participação no projeto financiado pela União Europeia *Waste on Diet* entre 2012 e 2016, permitiu implementar soluções de tratamento de resíduos, como a instalação de compostores comunitários, o que possibilitou o encerramento do antigo incinerador.

A compostagem descentralizada foi um dos métodos mais significativos em direção ao desperdício zero na gestão de resíduos urbanos. Em 2016, cerca de 70% da população coordenada pelo SYBERT já possuía um compostor ou tinha acesso a um centro de compostagem comunitária, e mais de 50% dos cidadãos realizavam compostagem dos seus restos de alimentos em casa e em centros de compostagem comunitária perto de zonas residenciais. A elevada participação nos processos de compostagem descentralizada contribuiu para a redução de resíduos orgânicos nos resíduos urbanos, que diminuiu de 67 kg *per capita* em 2009 para 36 kg em 2014. Além disto, também contribuiu para a economia da cidade, uma vez que foram desviadas 7436 toneladas de resíduos orgânicos de incineração em 2016, o que se traduziu numa poupança de 792.900€ (Zero Waste Europe, 2018).

Compostagem Comunitária em Besançon

As ilhas de compostagem comunitária localizam-se maioritariamente perto de edifícios, existem cerca de 300 ilhas na área gerida pelo SYBERT, e cerca de 80% situam-se na cidade de Besançon. Os compostores comunitários são colocados em áreas verdes perto de prédios residenciais, como se pode verificar num exemplo de compostagem comunitária na figura 28. Estes espaços são geridos pelos próprios moradores, embora o SYBERT ofereça auxílio à instalação e aos primeiros passos (Zero Waste Europe, 2018).

A instalação de uma ilha de compostagem comunitária requer o pedido por pelo menos dois moradores de um prédio ao SYBERT, que analisa o local e a viabilidade do mesmo, e organiza uma reunião com todos os moradores do prédio. São fornecidos a instalação dos compostores, baldes ventilados para a cozinha, ferramentas e suporte técnico para um ano, oferecido por uma associação local em nome do SYBERT.

No que diz respeito aos biorresíduos colocados, a grande maioria dos resíduos alimentares é aceite, como cascas, restos de vegetais ou frutas (cruz ou cozidos), sobras de refeições (cereais, etc), borra de café, saquetas de chá e ainda cascas de ovos bem trituradas. Adicionalmente, também podem ser compostados resíduos verdes de jardim (ZeroWaste Europe, 2018; SYBERT, s.d.).



Figura 28: Ilha de Compostagem para os moradores do Bairro Chaprais. Fonte: SYBERT, s.d.

5.4.4. Caso de Itália

Em Itália existem cerca de 60 milhões de habitantes, e os resíduos urbanos produzidos representam 30 milhões de toneladas. A fração de resíduos orgânicos em Itália é de grande quantidade, cerca de 7,3 milhões de toneladas.

No que diz respeito à compostagem, o país possui 281 unidades de compostagem, o que permite o tratamento de cerca de 1,7 milhões de toneladas de resíduos orgânicos. Estas unidades localizam-se maioritariamente na Lombardia (64), Veneto (45) e Sicília (21), enquanto que em Basilicata não existe nenhuma unidade de compostagem.

A compostagem comunitária na Itália é regulamentada pelo D.M. (Decreto do Ministério) de 29 de dezembro de 2016, n.º 266 “Regulamento que contém os critérios de operação e procedimentos de autorização simplificados para a compostagem de resíduos orgânicos comunitários”, composto por 10 artigos (University of Vic, 2022).

O primeiro artigo define que a compostagem comunitária pode ser praticada para quantidades de até 130 toneladas/ano, a que se refere o artigo 183, parágrafo 1, do Decreto Legislativo de 3 de abril de 2006, n.º 152. O segundo artigo indica algumas definições, como a diferença entre equipamento estático e equipamento eletromecânico, em que o primeiro permite a decomposição aeróbica por arejamento natural, e o segundo o arejamento ocorre por indução.

Os resíduos e materiais aceitáveis para instalações de compostagem comunitária estão descritos no Regulamento, tais como: resíduos biodegradáveis de cozinhas e refeitórios; resíduos biodegradáveis de jardins e parques; serragem, aparas, resíduos de corte, madeira, folheados; casca e madeira residuais do processamento de papel, se não adicionadas; material filtrante

resultante da manutenção periódica do biofiltro que serve o equipamento; embalagens de papel e papelão; embalagens de madeira; papel e papelão.

Os artigos 5º e 6º do Regulamento definem os requisitos e condições de instalação, referindo que o equipamento deve ser colocado no máximo a 1km dos utilizadores, e que a entrega é de forma autónoma. Apresentam ainda os critérios do composto produzido, que são a humidade (30 a 50%), o pH (6-8.5), temperatura (temperatura ambiente +2º C), frações estranhas (<2%) e frações perigosas (0). O composto é utilizado para fertilização dos terrenos dos utilizadores.

De acordo com a legislação nacional (Decreto do Ministério de 29 de dezembro de 2016, n.º 266), a compostagem comunitária em Itália é dividida em dois tipos principais de tecnologias: compostores estático ou eletromecânicos. Nos sistemas estáticos, o manuseamento dos resíduos é efetuado manualmente pelos responsáveis pelo processo, já nos sistemas eletromecânicos, os resíduos são misturados mecanicamente e automaticamente três vezes por dia.

A compostagem no modelo estático pode ser efetuada até um máximo de 10 toneladas/ano, pelo que é aplicada a compostagem doméstica e comunitária. Os compostores comunitários possuem duas unidades, a primeira aberta à comunidade para colocação de resíduos orgânicos, e a segunda é dedicada à maturação do composto e está fechado com cadeados. Os compostores são, por norma, constituídos por ripas de madeira e cada unidade possui duas tampas que podem ser abertas com uma pega.

A compostagem no modelo eletromecânico, em que as suas características foram detalhadas na secção 3.3.4., pode ser utilizada até uma capacidade máxima de 130 toneladas/ano para a compostagem comunitária. Em termos operacionais, o regulamento estabelece ainda os requisitos de qualidade do composto (humidade, pH, temperatura, ausência de frações perigosas), determina os componentes que o compõem (área de entrega de resíduos, câmaras cilíndricas, sistemas de ventilação e de redução de odores, zona térmico de maturação e ecrã controlo) e determina que o equipamento deve estar localizado num raio de até 1 km dos utilizadores finais, permitindo a entrega autónoma dos resíduos.

Em Itália existe uma maior quantidade de compostores comunitários eletromecânicos relativamente aos estáticos. A maioria das instalações são geridas pelo município e são colocadas na cidade ou fora desta, como num centro ecológico. Existem ainda exemplos onde o sistema de compostagem não é gerido pelo município, mas é aplicado numa escola, empresa ou restaurante. Na figura 29 é possível verificar os locais onde se pratica a compostagem comunitária (University of Vic, 2022).



Figura 29: Localização das instalações de compostagem comunitária em Itália. Fonte: University of Vic, 2022.

Caso de San Chirico Raparo, Itália

A cidade de San Chirico Raparo localiza-se no município de Basilicata, na província de Potenza. Segundo dados de 2019, a cidade possui cerca de 956 habitantes, constitui uma área de 84,07 km² e uma densidade populacional de 11,05 hab/km². Em termos de resíduos urbanos totais, em 2019 apresentou uma quantidade de 305.190 toneladas. Em 2016, o município San Chirico Raparo iniciou a atividade de compostagem aeróbia de fração orgânica de resíduos sólidos urbanos, através do compostor eletromecânico produzido pela empresa CrTec com uma capacidade de 60 toneladas/ano, localizada numa área equipada para um centro de recolha municipal.

A central de compostagem comunitária (figura 30) é destinada ao tratamento da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos produzidos pelos utilizadores domésticos do município San Chirico Raparo, e alguns municípios vizinhos. A quantidade prevista de tratamento é de 50 ton/ano, com uma média diária de 136 kg num funcionamento contínuo de 24 horas durante 365 dias/ano. De referir que à data, o compostor não está em funcionamento (University of Vic, 2022).



Figura 30: Central de Compostagem Comunitária de San Chirico Raparo. Fonte: University of Vic, 2022.

5.4.5. Caso de Chicago, Estados Unidos da América

A cidade de Chicago pertence ao Estado de Illinois, que se localiza no Centro-Oeste dos Estados Unidos da América (EUA). É a cidade mais populosa do Estado a que pertence e a terceira mais populosa do país, uma vez que possui 2 721 914 habitantes, segundo dados de 2022 do Departamento de Planeamento Urbano de Chicago.

A produção total de resíduos orgânicos em Chicago é estimada em 522.510 toneladas por ano, composta por resíduos de jardim (71.010 toneladas) e resíduos alimentares (451.500 toneladas). Desses, 245.260 toneladas vêm de residências unifamiliares, 81.250 toneladas de residências multifamiliares (MF) e 196.000 toneladas do setor institucional/comercial/industrial. Separar na fonte 75% dos resíduos orgânicos das residências poderia aumentar a taxa de desvio de aterro em 18,6% (Pai *et al.*, 2019).

Desde 2021 que o Departamento de Ruas e Saneamento de Chicago tem parceria com a *NeighborSpace* num Programa Piloto de Compostagem Comunitária em Chicago, em seis hortas comunitárias. Este Programa é financiado parcialmente por uma doação do Conselho de Defesa dos Recursos Naturais, como parte da iniciativa *Food Matters*, e pelo Plano de Recuperação de Chicago. As hortas comunitárias localizam-se em áreas protegidas pela *NeighborSpace*, espalhadas pela cidade. Em cada horta existem os equipamentos necessários à compostagem, como compostores, ferramentas de compostagem e sinalização. A gestão do processo de compostagem é realizada por líderes voluntários que receberam formação prévia.

Um estudo realizado por Pai *et al.*, em 2019 nos Estados Unidos, realizou uma análise detalhada sobre a viabilidade da compostagem comunitária descentralizada de resíduos alimentares em Chicago. Os objetivos deste estudo centram-se na avaliação de impactes ambientais, através da quantificação de gases de efeito de estufa (GEE), impactes económicos e impactes sociais da utilização de compostagem como tratamento de resíduos em detrimento dos processos convencionais.

Foram identificados fatores cruciais para a escolha do local adequado para a compostagem comunitária, como a distância da localização das fontes de resíduos alimentares, a necessidade/utilização do composto, as características sociais como a acessibilidade a todos os tipos de residentes, a resistência dos residentes, e as características ambientais do local. Além disto, ainda apresentaram os potenciais locais de compostagem descentralizada, que são os parques públicos, jardins comunitários, urbanizações e instituições de ensino.

Para o estudo, os autores definiram qual a distância a que os residentes estariam dispostos a deslocar-se para os compostores, sendo esta de 400 metros e basearam-se numa taxa de participação de 10% para esta distância. Os resultados mostraram que as áreas comunitárias com parques acessíveis têm um elevado potencial de compostagem comunitária. Contudo, o estudo revelou que a utilização de parques públicos de Chicago para a compostagem comunitária é muito baixa. Em mais de 80% dos parques considerados adequados, menos de 30% de capacidade foi utilizada devido à baixa densidade residencial nas proximidades e à participação (10%) dos moradores num raio de 400 metros. Em contrapartida, evidenciou-se a necessidade de ampliar os serviços de recolha porta a porta que seriam responsáveis por quase 68% do total dos resíduos desviados segundo o modelo proposto.

De acordo com os resultados a que os autores chegaram, com base nos dados da cidade de Chicago, a compostagem descentralizada tem o potencial para desviar 27% dos resíduos alimentares geridos pelo setor residencial da cidade. No que diz respeito à emissão de GEE, associadas a este desvio é possível reduzir 8% das emissões associadas às atividades de gestão de resíduos. Em termos económicos, as poupanças resultantes do facto de se evitar a deposição em aterro dos resíduos alimentares é de \$ 3.962.960, o que representa 9% do total do orçamento total para 2018 do Departamento de Ruas e Saneamento da cidade de Chicago para a eliminação de resíduos. De notar que o estudo não prevê as poupanças de se evitar a recolha destes resíduos alimentares, uma vez que a compostagem descentralizada pode não resultar numa redução de camiões de recolha. Por outro lado, o estudo assume os custos da poupança da compra evitada de composto em \$1.840.340, pelo que a cidade de Chicago beneficiaria de um total de \$5.803.300 (Pai *et al.*, 2019).

6. Análise das necessidades, perceções e práticas dos utilizadores e operadores de compostagem comunitária

6.1. Identificação das perceções dos utilizadores e operadores

6.1.1. Enquadramento

A realização de compostagem comunitária possui benefícios individuais e a nível da comunidade, contribuindo para a sustentabilidade social. A nível individual destacam-se a melhoria da saúde e do bem-estar, o sentimento de pertença à comunidade onde realizam compostagem, a participação em atividades com significado e o incentivo a comportamentos ambientais e sociais. A nível da comunidade, as vantagens incluem uma maior coesão comunitária, benefícios ambientais e económicos locais (Slater & Frederickson, 2009).

Adicionalmente, considera-se que a compostagem comunitária apela ao desenvolvimento comunitário, ao fomentar a autonomia dos participantes, muitas vezes envolvidos no processo de gestão e tomada de decisão. Estes impactes sociais tendem a ser amplificados pela influência positiva que os próprios indivíduos exercem entre si (Slater & Frederickson, 2009).

Apesar dos múltiplos benefícios da compostagem comunitária, é fundamental compreender quais os fatores que afetam a sua eficácia. Torna-se, por isso, essencial identificar os principais desafios, bem como as perceções, motivações e necessidades dos utilizadores e operadores nestas iniciativas.

Para tal, foi efetuada uma abordagem qualitativa através da realização de *focus groups* e entrevistas organizado por docentes e colaboradores do Instituto Politécnico de Coimbra (IPC), aos quais tive oportunidade de participar. O principal intuito foi compreender as expectativas, desafios e fatores que influenciam positiva ou negativamente a adesão das famílias à compostagem comunitária, bem como perceber as preocupações e requisitos dos potenciais operadores do sistema, como a viabilidade económica, logística e impacto ambiental.

6.1.2. Metodologia

Foram realizados 3 *focus group* e 2 entrevistas presenciais: 2 *focus group* e 2 entrevistas no concelho de Arganil e 1 *focus group* no concelho da Mealhada. A Câmara Municipal de Arganil promove a realização de compostagem doméstica e comunitária. Existe uma ilha de compostagem comunitária no Parque Verde do Prado, em Côja, onde podem ser depositados os resíduos orgânicos. Este serviço de compostagem comunitária é de livre acesso, mas a população pode inscrever-se para receber um balde para recolha de biorresíduos e ter acesso a ações de esclarecimento (Coja e Barril de Alva, s.d.).

Em Arganil, todas as abordagens foram realizadas na Biblioteca Municipal de Arganil. O primeiro *focus group* juntou representantes de câmaras municipais, juntas de freguesia e outras entidades gestoras, com um total de 6 participantes, durante aproximadamente 1h30. O objetivo foi abordar os desafios existentes na implementação e manutenção da compostagem comunitária, estratégias para incentivar a participação e problemas logísticos associados aos compostores.

O segundo *focus group* teve como participantes utilizadores da compostagem comunitária e doméstica no concelho de Arganil, num total de 15 pessoas, com duração de cerca de 1h00. O objetivo foi a discussão das dificuldades encontradas na participação, formas de incentivar a população a participar, bem como foi possível perceber que experiência têm tido.

As 2 entrevistas efetuados em Arganil contaram com a participação de 2 professoras de uma escola do Agrupamento de Escolas de Arganil, dado que a compostagem é praticada nos estabelecimentos escolares; e com a participação de um gerente de um restaurante, onde não existe compostagem comunitária, mas cuja participação foi importante para entender a perspetiva deste setor quanto à reciclagem de biorresíduos.

Por último, organizou-se um *focus group* na Mealhada, situada no distrito de Aveiro, que juntou utilizadores dos compostores, um operador de limpeza e do processo de compostagem e ainda de vários técnicos da Câmara Municipal da Mealhada que implementaram e gerem o sistema de compostagem. Este grupo juntou cerca de 10 pessoas no Centro de Interpretação Ambiental da Mealhada durante cerca de 1h00.

Para o estudo dos *focus groups* e das entrevistas realizou-se uma análise qualitativa, que consiste na análise sistemática de vários tipos de texto em que, frequentemente, o foco deste tipo de análise é identificar categorias ou temas que resumam o conteúdo encontrado no conjunto completo de dados e destaquem o conteúdo principal. A forma mais comum de apresentar os resultados da análise qualitativa é o uso de um formato narrativo, em que se identificam categorias ou temas centrais e se utilizam essas categorias como títulos de secções, em que cada tema é interpretado de forma resumida e ilustrado com citações que mostram como os textos ou participantes retrataram as suas ideias ou pontos de vistas (Drisko e Maschi, 2016).

Neste estudo, foi realizado o método anteriormente descrito, procedendo-se à transcrição integral dos áudios das sessões, com recurso a uma plataforma online de transcrição de áudios (www.turboscribe.ai) ou, quando necessário, transcrevendo manualmente. Posteriormente, realizou-se a análise do conteúdo das transcrições através da realização de uma “Lista de Nós”, no qual se identificaram os temas discutidos nos *focus groups* e entrevistas mais relevantes para este estudo. De seguida, foram selecionadas as citações ilustrativas de cada tema, de forma a reunir diferentes perspetivas dos participantes. A informação foi organizada em tabelas, nas quais

a cada categoria temática correspondem as respetivas citações e a identificação do orador (ver anexo II).

Os participantes das reuniões aceitaram a gravação de áudio e imagem antes do início das mesmas. Para garantir o anonimato dos participantes, as citações apresentadas foram codificadas de acordo com o perfil do orador. Assim, utilizou-se a seguinte legenda:

PR: Professores/as do Agrupamento de Escolas de Arganil.

R: Representante do setor da restauração.

E: Entidades/Especialistas (inclui técnicos de ambiente, representantes de entidades gestoras e autarcas/presidentes de câmara da área de Arganil e arredores).

P-A: Participantes do Concelho de Arganil (cidadãos em geral).

P-M: Participantes do Concelho da Mealhada (cidadão em geral).

6.1.3. Resultados

Os temas discutidos nos *focus groups* revelaram-se consistentes entre as diferentes sessões, permitindo recolher opiniões diversas sobre os tópicos abordados. De seguida, apresentam-se os principais resultados acompanhados das citações mais representativas, enquanto que a tabela completa da relação com o tema e citação, denominada “Lista de Nós” se encontra no anexo II.

Fatores que influenciam a adesão à compostagem comunitária

Nas sessões dos *focus groups* procurou-se saber o que motivava as pessoas a aderirem à compostagem comunitária e quais os fatores que mais influenciavam. Das conversas em grupo, foi possível identificar o que motiva ou não as pessoas a participarem nesta prática, nomeadamente o acesso e a distância às ilhas de compostagem.

Através destas respostas conseguimos entender que a facilidade e distancia é um fator crucial para o participante.

“Acho que sempre passa pela facilidade de utilização e proximidade dele.”; “...tem de ser uma coisa fácil. Fácil e acessível. Se tiver essas duas características, estou convencida que isso vai ter utilização e as pessoas vão.” – PR1

“Quem tem de juntar para ir levar a um sítio, quanto mais perto estiver mais vezes vai; portanto, a distância acho que faz diferença.” – PM-2

Quando se questionou aos participantes se o facto de existirem incentivos, seja monetário ou não, os motivava a realizar compostagem comunitária, as respostas eram sempre unânimes e

afirmativas. No que diz respeito ao tipo de incentivo, relataram oferta de composto, descontos na fatura da água ou troca monetária.

“...abordei os elementos dinamizadores aqui do concelho e eles disseram que quando fossem fazer a abertura lá da localidade (da doação do composto) nós contactávamos la...” – PM-4

“...A troca de qualquer coisa, é evidente...”. “...mas, de facto, aí tem que haver outro interesse, outra troca.” – PR1

“...eu acho que o monetário incentiva qualquer pessoa ou muitas das pessoas a fazerem as coisas. Assim, com descontos e tudo mais isso é sempre uma vantagem e as pessoas hoje em dia quase toda a gente gosta de ter descontos.” – R1

“Pode, por exemplo, ter-se direito a uns tantos kg por ano de composto...e eventualmente haver um desconto na fatura da água...” – PA-3

“...o composto produzido ser dado às pessoas...” – PA’s

“...as pessoas aderem a tudo a que acham que vão ter uma vantagem qualquer...e se a vantagem for a redução da taxa de resíduos por exemplo na água, o que nós pagamos...” – PM-2

Por outro lado, a higiene do composto foi um ponto bastante apontado pelos cidadãos.

As condições de higiene dos compostores são um fator fundamental para manter frequência dos utilizadores.

“A higiene do compostor é fundamental para as pessoas aderirem... tem que estar limpo, a tampa, as bordas, à volta nunca pode haver lixo...” – E1

“...o compostor tem de estar sempre imaculado (...) nada de cheiros e de nojo que a pessoa sinta isso...” – E2

Ações desenvolvidas para sensibilizar a população

No que diz respeito à sensibilização da população, as formas mais utilizadas foram através de formação aos utilizadores, ações de sensibilização para a população, partilha nos meios de comunicação como rádio, website, redes sociais e sensibilização da população.

“Porque depois esta parte da sensibilização é importantíssima e isso faz-se de alunos para pais, é a melhor forma, dos miúdos para os pais, está visto.” – PR1

“As pessoas tiveram formação, foi um passo muito importante (...); “...tem dupla finalidade, ensina os alunos...porque esta questão é muito importante, o compostor, o levar para casa essa mensagem”. -PR1

“Quando são dias comemorativos etc nós tentamos encaixar a compostagem, os biorresíduos no tema para sensibilizar as pessoas.” – E6

“...Fizemos porta a porta e na abertura do mercado municipal...tínhamos uma banquinha para as pessoas se inscreverem e sensibilizar”. – E4

“Marcamos essas ações através das redes sociais, através de anúncios (...) temos também o Jornal da Bairrada e outros meios de comunicação (...). Digamos que não tivemos muito sucesso nessa parte (...) o passa palavra acabou por ajudar nos um bocadinho...” - E2

“... nós também temos uma página que é o COMPOSTAME em que temos lá vídeos feitos mesmo por nós e com o Presidente da Câmara e com os jovens voluntários a explicar como se deve fazer a compostagem doméstica, a compostagem comunitária, temos lá essa informação toda.” – PM-6.

Problemas e desafios

A dificuldades das entidades que operam na gestão da compostagem comunitária, constituem a qualidade do composto final que às vezes é comprometida pela quantidade de frações sólidas presentes, devido à colocação de resíduos indevidos, a falta de recursos humanos para a gestão do processo de compostagem e ainda a baixa adesão da população. No que diz respeito aos utilizadores, indicam a existência de mosquitos como algo incomodativo, consideram a duração do processo de compostagem longo e moroso.

“Às vezes o que acontece é que esse composto tem que ser crivado...em termos de sólidos...reparámos que havia vidros, garrafas, ou outras coisas...”. – E2

“Eu acho que por um pouco de falta de conhecimento, as pessoas não fazem compostagem...Se calhar, às vezes, é um bocadinho, na geração mais recente, se calhar há um bocadinho de falta de informação, digo eu... “ – R1

“A compostagem não é entendida, por grande parte das câmaras, como uma atividade séria para a qual temos de ter um recurso humano 100% dedicado”; “...isso também condiciona muito o processo...”; “...nós não temos mão de obra, atenção, e isso tem que ser visto com muita assertividade, é muito difícil contratar pessoas novas para trabalhar neste tipo de coisas...” – E3

“...acabamos também por ter algumas contaminações na compostagem, às vezes também temos um saco de lixo fechado dentro do módulo de compostagem.” – E4

“A maior dificuldade que tenho e que ainda não consegui resolver é os mosquitos...” – PA-1

“...às vezes chego lá e está tudo coberto de mosquitos, moscas...porque deitam para lá e não misturam matéria seca.” – PM-1

“...e também é moroso não é, é um trabalho bastante paciente até estar em condições de se aplicar na terra.” - P2

Elementos chave para o sucesso na implementação da compostagem comunitária

Com o intuito de entender como é realizada a implementação da compostagem comunitária e em que condições, foi também colocada essa questão aos participantes. Evidenciaram a importância de realizar um estudo prévio das características do município, da dinâmica da aldeia de forma a perceber se é pertinente aplicar o sistema da compostagem ou não. Por outro lado, foi referido alguns pontos cruciais que levam a que o projeto implementado tenha sucesso, como o dimensionamento inicial da solução, a regulamentação e a vontade política. Adicionalmente, sublinharam a importância de tornar a compostagem obrigatória.

“Acho que o importante é tentarmos ver para cada região, para cada entidade gestora, quais são as características desse local, desse município e depois ajustar as melhores soluções adequadas às características dessa área de intervenção.” - E1

“Eu acho que qualquer projeto para ter sucesso... dimensionar uma solução de forma correta ajustada às necessidades de cada local...é a questão da regulamentação... e o terceiro ponto que ia referir é a vontade política que eu acho que é uma variável muito importante para conjugar com os fatores técnicos e a parte regulamentar e legislativa.” - E1

“...é graças a termos um Presidente assim que aposta bastante na compostagem, aposta bastante no ambiente que nós também conseguimos ter este sucesso, porque se não houver a parte superior que nos ajude e incentive as coisas não correm...”. – PM-6

“Se querem que a compostagem comunitária funcione a sério, é tornar isso obrigatório nas zonas onde há compostores comunitários...” – E3

Tipos de Biorresíduos

Os utilizadores recebem, por norma, a informação dos biorresíduos que podem ser colocados no compostor. No entanto, alguns têm opiniões diferentes sobre o que pode ou não ser colocado e à sua gestão. Por outro lado, nas conversas e grupo, foi referido que deve ser reforçado o que não colocar no compostor, de forma a evitar contaminações.

“Eu acho que deviam poder meter tudo, ...havendo alguém responsável pela manutenção do espaço (...) uma ou duas vezes por semana passa lá se vir alguma coisa que não corresponde pode fazer essa seleção e não fica do lado do munícipe.” – E1

“Sei, porque tenho lido nos panfletos que foram entregues, que não devemos colocar restos de carne e peixe, claro que também do balde que eu tenho também não coloco porque vai estar muito tempo e deita logo cheiros...”. – PM-4

Características dos Compostores Comunitários

No que diz respeito às características de um compostor, observaram-se certos materiais mais apelativos, características operacionais mais adequadas e também preferência pelo tipo de acesso.

Em relação à implementação de um compostor comunitário inteligente, as reações dos participantes foram, no geral, positivas. Não só porque diminui a presença de um trabalhador na gestão do compostor, mas também porque poderá contribuir para melhorar o processo de compostagem, ao incluir sensores de monitorização. Os participantes consideraram relevante a questão dos sensores e avisos de forma a perceberem o que devem colocar, e ainda porque poderiam conhecer o impacto que as suas ações têm no ambiente.

“O material, o facto de ser em plástico reciclado acho que é uma mais valia, madeira não, foi colocado essa hipótese lado...”; “...as tampas são em fibra, não são em plástico reciclado porque depois a tampa ia ser muito pesada, são em fibra, depois tem lá os extensores para abrir e fechar...um problema que nós temos é que em dias de vento, elas como são muito leves abrem facilmente.” - PM-6

“Nós não optámos pelo cartão porque achámos que podíamos estar a limitar a utilização livre...”
– PM-6

“Há realmente um défice muito grande na mistura da matéria seca...aí seria muito útil haver um automatismo, e também misturar aquilo que está dentro, também acho que seria muito produtivo...”; “... vários sensores e avisos, e mesmo automatização do controlo das moscas que acho que é realmente um problema com o qual nós nos defrontamos...”. – E3

“...se conseguirem aqui uma solução de equilíbrio e que ajude na monitorização de todo o composto e reduza a necessidade de intervenção humana era ótimo.” – E6

“...se tivéssemos um que pudéssemos colocar tudo e ele nos dissesse que não colocas mais porque estamos cheios isso seria o ideal...”; “...mas se for uma coisa mais inteligente, em que nos dissesse: atenção, não podemos meter mais verdes. Atenção não podemos colocar mais secos...se calhar seria mais fácil até para as pessoas perceberem.” – R1

“Era interessante que o compostor conseguisse medir a quantidade de resíduos em toneladas por exemplo...” - PM-2

“Eu penso que enquanto município, para nós aquilo que nos é importante, quantos utilizadores utilizam x ilha...o número de utilizadores que foi àquela ilha no mês tal, e a quantidade de resíduos que foi lá colocado, e haver por exemplo uma informação mensal, para o município. Enquanto utilizador, eu penso que seria importante saber quanto é que eu coloquei e quanto é que

eu posso ganhar com isso, mas para isso lá está tem que haver um cartão, um leitor que faça essa análise e envie...ganhar um incentivo, um desconto na fatura da água.” -PM-6

“No final do dia tive estas vantagens em termo de indicadores. Eu acho que isso seria muito interessante...” – PR1

6.2. Caracterização da compostagem comunitária a nível municipal

6.2.1. Enquadramento

O Decreto-Lei n.º 102-D/2020 (Regime Geral de Gestão de Resíduos) em vigor em Portugal determina que os municípios têm de garantir a gestão adequadas dos biorresíduos, nomeadamente através da compostagem comunitária e outras soluções adequadas a cada município.

Desta forma, e após o levantamento dos municípios que realizam compostagem comunitária atualmente, e tendo-se verificado 74 municípios que realizam esta prática em 287, considerou-se pertinente compreender as características do processo da compostagem nalguns destes municípios, como as características dos compostores comunitários, definição dos biorresíduos aceites e os parâmetros de avaliação ao longo do processo de compostagem.

6.2.2. Metodologia

Para a recolha de informação, foi elaborado um inquérito dirigido às Câmaras Municipais que já implementaram projetos de compostagem comunitária. O inquérito integrou perguntas fechadas e abertas, permitindo recolher simultaneamente dados quantitativos, relacionados com a caracterização dos sistemas implementados, e dados qualitativos, associados às dificuldades, métodos de gestão e tipos de contaminantes.

Com base na lista de municípios que desenvolvem compostagem comunitária em Portugal Continental atualmente, o inquérito foi enviado por correio eletrónico, por colaboradores da ESAC, aos respetivos serviços municipais. O contacto incluiu um pedido formal de colaboração e disponibilização do questionário em formato digital.

O inquérito foi dividido em 3 tópicos, iniciando-se pela caracterização dos compostores comunitários, recolhendo informação relativa à tipologia dos equipamentos, ao sistema de acesso e ao número de compostores existentes em cada município. O segundo tópico teve como objetivo a caracterização dos biorresíduos aceites, nomeadamente os tipos de resíduos depositados, o seu tamanho e a forma de separação dos mesmos. Por fim, o terceiro tópico procurou obter informação sobre os parâmetros físicos do processo de compostagem, a duração do processo, a frequência de acompanhamento e as principais dificuldades identificadas pelos municípios.

Foram obtidas 15 respostas no total, e o tratamento e análise dos dados foram realizados de forma quantitativa e qualitativa, conforme detalhado no ponto 6.2.3., através da ferramenta *excel* para sistematização, organização e apresentação dos resultados.

6.2.3. Resultados

A análise das respostas permitiu identificar as características dos compostores comunitários, as condições de acesso, o tipo de biorresíduos colocados, perceber o processo e os parâmetros avaliados, bem como a gestão e dificuldade encontradas.

6.2.3.1. Caracterização dos compostores comunitários

Verificou-se que a maioria das câmaras municipais utiliza compostores fabricados em plástico reciclado, cerca de 87%, enquanto que 13% optam pela madeira tratada. Em todos os municípios a capacidade dos compostores é de 1000 L.

No que diz respeito ao número de compostores por municípios, os valores revelam uma grande heterogeneidade. Esta variação sugere diferentes níveis de maturidade, escala e investimento nos programas locais de compostagem comunitária. A análise da distribuição do número dos compostores por município, agrupados em intervalos, evidencia três grupos distintos (tabela 4):

Tabela 4: Intervalo de compostores comunitários nos municípios.

Nº de Municípios	Intervalo de Compostores Comunitários
7	1 - 4
6	8 -15
2	24 - 25

É possível verificar que grande parte dos municípios possui menos do que quatro compostores comunitários, o que pode ser justificado por se tratar de um método recente e, por isso, algumas autarquias ainda se encontram em fase inicial de implementação. Qualquer das formas, existem municípios com sistemas mais consolidados, que compõem entre 8 a 15 compostores por município, e ainda dois municípios registam 24 e 25 compostores cada um.

Cada município pode decidir o tipo de acesso que permite abrir o compostor, de seguida está representado um gráfico (figura 31) com as percentagens por tipo de acesso ao compostor dos municípios questionados.

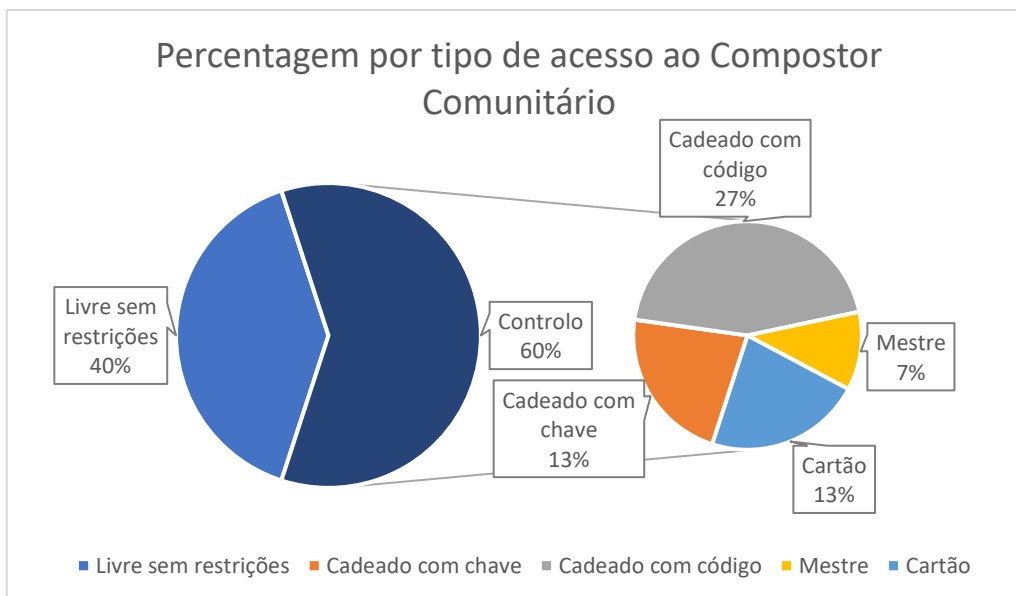


Figura 31: Representação gráfica dos tipos de acesso ao compostor em percentagem.

No que diz respeito ao acesso aos compostores comunitários, verificam-se diferentes alternativas, sendo que em 40% dos municípios o acesso é livre e sem restrições, já 60% dos municípios preferem controlar o acesso, na maioria através de cadeado com código, mas também existe acesso por cadeado com chave e cartão ou, em menos casos, a abertura é feita apenas pelo mestre de compostagem.

6.2.3.2. Caracterização dos biorresíduos aceites no compostor comunitário

Os tipos de biorresíduos aceites são variáveis entre os diferentes municípios, como demonstrado no seguinte gráfico (figura 32).

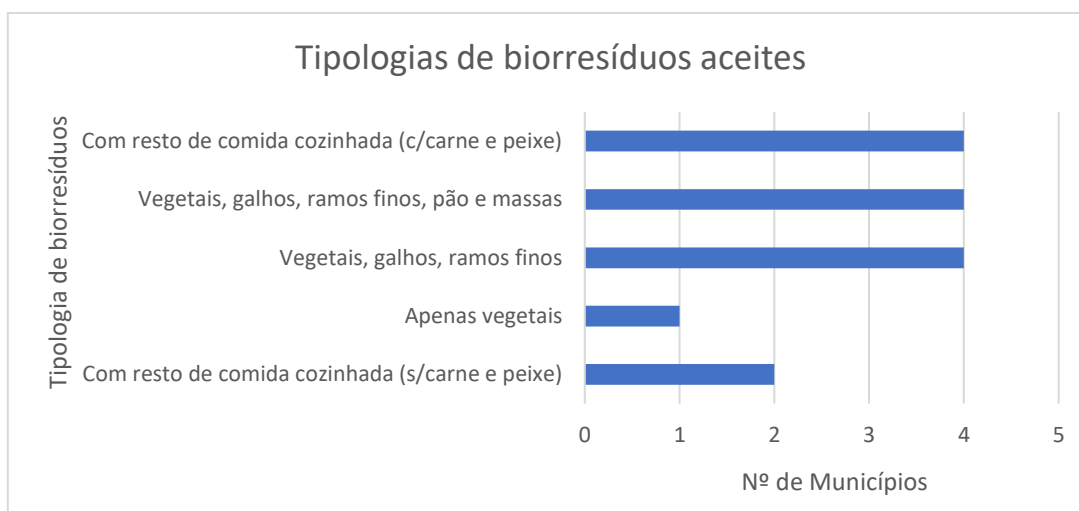


Figura 32: Quantificação de municípios que aceitam determinados tipos de biorresíduos.

É possível verificar através do gráfico que a maior parte dos municípios permite restos de comida cozinhada e resíduos vegetais, indicando que há uma tendência para modelos mais abrangentes,

com compostores preparados para maior diversidade de biorresíduos. Apenas um município adota um sistema mais restritivo, permitindo apenas vegetais.

Nenhum município tritura os biorresíduos previamente ao depósito dos mesmos, e na grande maioria não existe um tamanho de biorresíduos recomendado, no entanto indicam que deve ser “a menor dimensão possível”, “pequenos e cortados”, “no máximo até aproximadamente 5 cm” ou “3 cm”. A separação dos biorresíduos é realizada por todos os municípios por baldes de separação.

6.2.3.3. Parâmetros de processo de compostagem

A monitorização do processo de compostagem é essencial para manter uma elevada taxa de atividade microbiana, permitindo uma decomposição completa com o mínimo de odores e garantindo a máxima destruição de patógenos, larvas e sementes de ervas daninhas. O processo de monitorização inclui a observação de parâmetros físico-químicos (temperatura, humidade, níveis de oxigénio e dióxido de carbono) (USDA, 2010).

Nesta secção procurou-se entender os parâmetros físico-químicos que influenciam o processo de compostagem, como a temperatura, humidade e relação C/N, bem como a tipologia de tarefas que realizam no processo de compostagem de forma a ajustar estes parâmetros. De forma complementar, foi inquirido a duração do processo de compostagem, a frequência de acompanhamento e ainda as dificuldades encontradas.

Relação entre biorresíduos verdes e castanhos

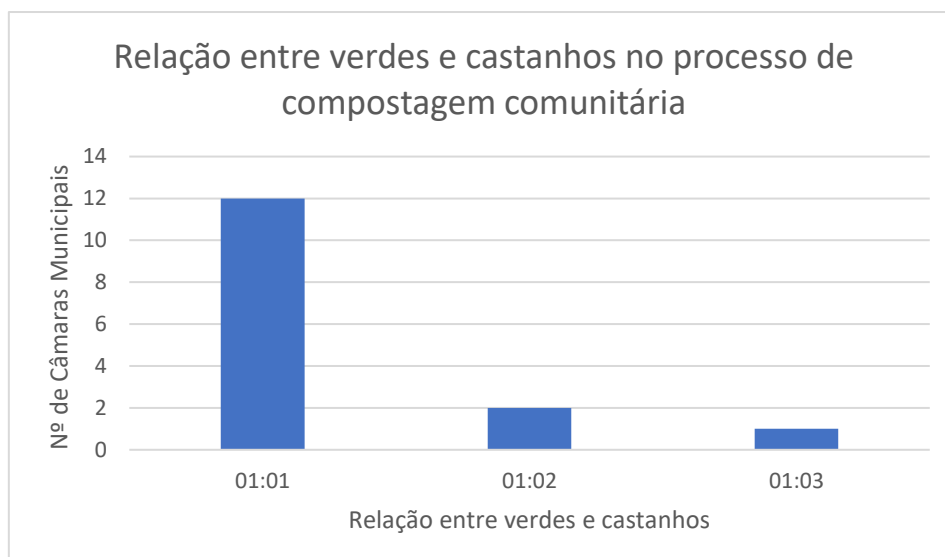


Figura 33: Representação gráfica da relação entre matéria rica em azoto (resíduos verdes) e carbono (resíduos castanhos).

Como é demonstrado na figura 33, a maioria das câmaras municipais, cerca de 80%, indicou manter uma relação equilibrada de 1:1 entre materiais verdes e castanhos. Apenas um número

reduzido de municípios, 3 no total, utiliza proporções mais ricas em material castanho, possivelmente como forma de corrigir humidade elevadas ou odores indesejáveis.

Temperatura média durante a fase termofílica

Observa-se, na tabela 5, uma variabilidade nas temperaturas registadas durante a fase termofílica nos diferentes municípios. Apenas 10 dos municípios inquiridos conhecem as temperaturas nesta fase, uma vez que os restantes ou não medem ou estão em fase de implementação destes parâmetros. Dos inquiridos, a maioria dos sistemas de compostagem situa-se entre 50 °C e 60 °C ou inferior a 50 °C.

Tabela 5: Intervalos de temperatura média na fase termofílica registadas pelos municípios.

Intervalo de Temperatura	Nº Câmaras Municipais
Superior a 70 °C	1
Entre 60 °C e 70 °C	1
Entre 50 °C e 60 °C	4
Inferior a 50 °C	4

Valores médios de humidade

Os resultados adquiridos demonstraram mais de metade dos municípios mantém os valores de humidade entre 40 a 60%, já os restantes não realizam esta medição.

Duração do processo de compostagem

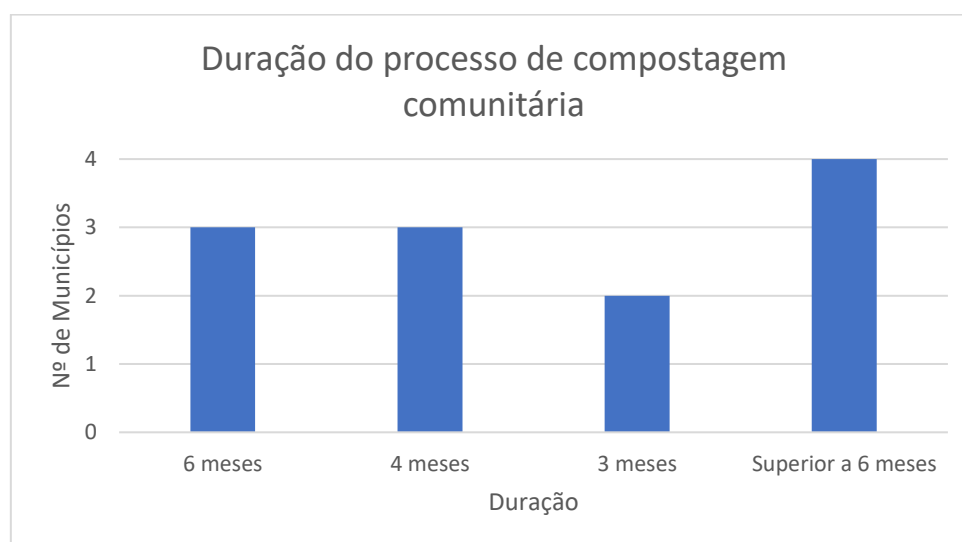


Figura 34: Representação gráfica da duração do processo de compostagem dos municípios inquiridos.

No que diz respeito à duração do processo de compostagem, dos 15 municípios, 13 indicaram um valor concreto, já os restantes 2 estão em fase de implementação do projeto ou indicam que este parâmetro é variável consoante o nº de utilizadores. Os dados apresentados na figura 34 indicam

que os municípios inquiridos concluem o processo entre 3 a 6 meses, sendo que a maior parte é superior a 6 meses.

Parâmetros de controlo do processo de compostagem

A maioria dos municípios, cerca de 73% dos inquiridos, realiza adição de água para manter níveis adequados de humidade. As decisões de rega são baseadas na verificação do composto em relação à humidade, através da aplicação do método esponja, na relação carbono-azoto, no pH e na medição da humidade.

Das 15 câmaras municipais inquiridas, 5 indicaram acompanhar parâmetros adicionais, para além da temperatura e humidade, tais como o pH, a relação C:N, o nível de enchimento, o nível da caixa da estilha, a necessidade de enchimento, e ainda o arejamento.

Acompanhamento dos compostores comunitários e tarefas realizadas

A maioria dos municípios realiza o acompanhamento dos compostores semanalmente, no entanto, também se verificam casos em que a monitorização é mais frequente, 2 a 3 vezes por semana, como se pode verificar na tabela 6. Algumas das respostas obtidas não especificam a frequência com que é feito o acompanhamento, indicando apenas que a visita é feita pelos mestres de compostagem.

Tabela 6: Frequência de acompanhamento do processo da compostagem pelos municípios.

Frequência	Nº Câmaras Municipais
Diariamente	1
Semanalmente	4
3 vezes por semana	1
2 vezes por semana	1
Visitas regulares	1

Os dados apresentados na figura 35 demonstram que as tarefas mais frequentemente realizadas durante o acompanhamento dos compostores comunitários estão relacionadas com o controlo das condições físicas do processo.

A tarefa mais comum é o revolvimento da mistura, realizado por 13 municípios, seguindo-se a medição da temperatura, a adição de água e de estilha, realizadas por 12 municípios, e a medição de humidade por apenas 10. As atividades que são efetuadas num número inferior de municípios são a medição de pH, a remoção de contaminantes, a manutenção de equipamentos e a transferência de módulo.

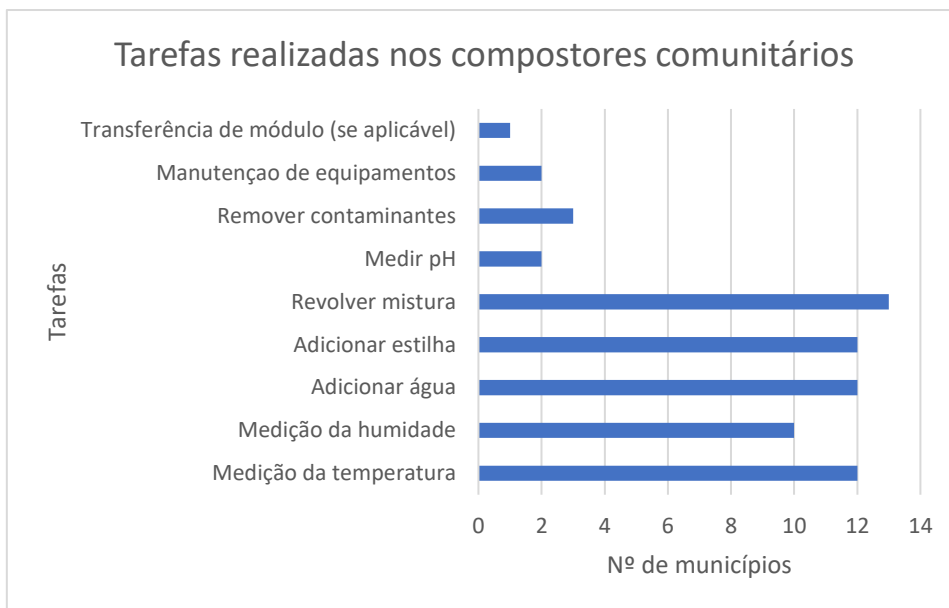


Figura 35: Quantificação dos municípios que realizam determinadas dadas tarefas durante o processo de compostagem.

Embora a remoção de contaminantes seja realizada em apenas 3 das câmaras municipais consultadas, a presença dos mesmos é relevante em 12 das 15 câmaras inquiridas, predominando resíduos de plástico como sacos e outros resíduos, incluindo autocolantes de frutas e legumes e elásticos dos mesmos. Em menor quantidade também referem fraldas, fezes de animais, caixas de cartão inteiras, citrinos em excesso, materiais compostáveis (sacos e cápsulas de café), caixas de ovos com tinta e autocolantes, e ainda resíduos indiferenciados.

Dificuldades na implementação do processo de compostagem comunitária

Os resultados da figura 36 indicam que as principais dificuldades na implementação da compostagem comunitária por parte das câmaras municipais relacionam-se com a adesão ao projeto, referido por 7 municípios. Outros obstáculos indicados são a deposição de resíduos e contaminantes, seguindo-se a divulgação e sensibilização da população, bem como a participação e deposição contínua dos biorresíduos, revelando a importância de promover a participação constante dos utilizadores através de incentivos, estimulando o envolvimento a longo prazo. Numa menor representatividade, encontra-se a problemática do controlo de pragas.

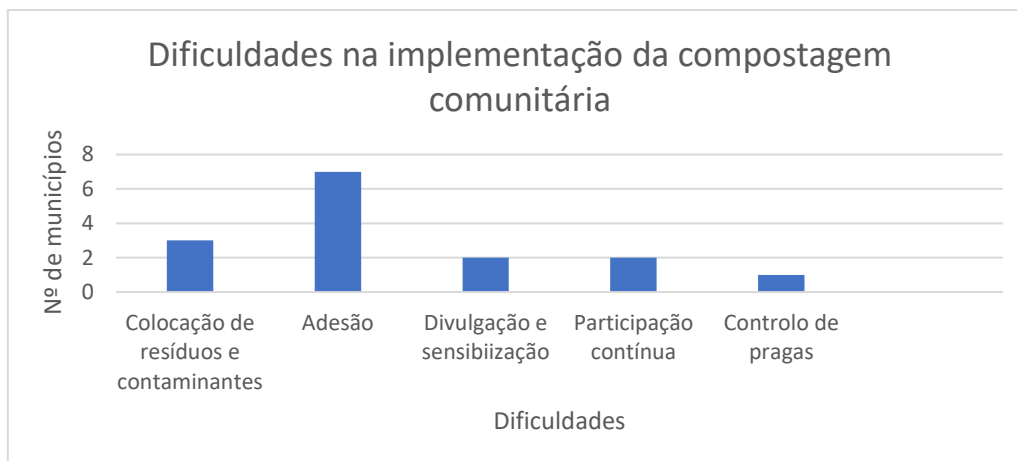


Figura 36: Representação gráfica das dificuldades encontradas pelos municípios na implementação da compostagem comunitária.

6.3. Discussão de Resultados

A análise conjunta dos *focus group*, entrevistas, e inquéritos aos municípios permitiu identificar pontos de convergência relativamente à implementação e funcionamento da compostagem comunitária em Portugal. Enquanto os *focus group e entrevistas* revelam a experiência prática e as perceções dos utilizadores, técnicos e entidades locais, os resultados dos inquéritos oferecem uma visão estruturada das práticas dos municípios. A integração destes dois níveis de informação possibilita uma compreensão mais abrangente dos fatores que influenciam a adesão à compostagem, os desafios identificados pelas entidades municipais, as características dos compostores e processos de compostagem típicos.

Em comparação com os dados recolhidos na literatura científica, observa-se uma forte concordância nos obstáculos identificados, preferências na utilização, métodos de incentivo, verificando-se que estas matérias são comuns em diferentes contextos geográficos e culturais.

Fatores que influenciam a compostagem comunitária

A localização das ilhas de compostagem foi apontada como um ponto fundamental para a participação dos cidadãos, identificada nos *focus group*. A literatura vai ao encontro desta ideia, referindo que a maioria das pessoas prefere compostores localizados a menos de 1 km de distância da sua residência, estudo realizado em Chicago. Neste estudo, conclui-se que apesar da existência de parques com potencial para implementar compostagem, a participação foi reduzida, sobretudo devido à distância e à baixa densidade habitacional. Neste contexto, a recolha porta-a-porta foi identificada como uma solução eficaz, com potencial para desviar até 68% dos resíduos orgânicos, proposta que também surgiu durante os *focus groups* em Arganil (Pai *et al.*, 2019).

O acesso aos compostores em Portugal é, na sua maioria, de acesso controlado através de cadeados, cartões ou pelo mestre de compostagem, o que indica uma preocupação crescente com

a gestão dos equipamentos, no entanto pode condicionar a participação dos utilizadores, como indica uma técnica na Mealhada: “Nós não optámos pelo cartão porque achámos que podíamos estar a limitar a utilização livre...” (PM-6).

Os incentivos surgem claramente nos *focus group* como um estímulo importante para motivar a participação, como através de doação de composto, descontos na fatura da água ou recompensas monetárias. A literatura confirma esta tendência, tal como estudo realizado em Itália, em que 38% dos inquiridos afirmaram que participariam mediante uma redução nas taxas municipais, e 10% consideraram atrativa a possibilidade de receber composto gratuitamente (De Boni *et al.*, 2022). Estudos internacionais também indicam que a isenção da tarifa para a deposição seletiva de resíduos recicláveis, um desconto na tarifa para os produtores que fazem compostagem dos resíduos orgânicos ou a separação seletiva destes resíduos são práticas que estimulam a reciclagem e diminuem a produção de resíduos enviados para destino final (AEPSA, 2020).

Sensibilização à comunidade

Os *focus group/entrevistas* destacam que a divulgação e ações de sensibilização são essenciais para informar a população e aumentar a adesão, embora refiram que exista baixa adesão por falta de conhecimento e informação: “Eu acho que por um pouco de falta de conhecimento, as pessoas não fazem compostagem... Se calhar, às vezes, é um bocadinho, na geração mais recente, se calhar há um bocadinho de falta de informação, digo eu...” – R1. O mesmo é relatado em estudos internacionais, que indicam que existe subvalorização do composto e baixa consciencialização sobre o seu potencial por parte da população, indicando vários fatores que favorecem a adesão, destacando: eficiência na gestão de resíduos municipais, utilização do composto por áreas municipais, consciencialização ambiental dos cidadãos, envolvimento da comunidade local, informações sobre compostagem comunitária, disponibilidade de composto para os cidadãos, campanhas de sensibilização, entre outros (De Boni *et al.*, 2022), que vão ao encontro do que é referido nos *focus group/entrevistas*.

Dificuldades na implementação

As dificuldades na implementação da compostagem comunitária identificadas nos *focus group/entrevistas* são comuns nos inquéritos realizados pelas câmaras, destacando-se a baixa adesão e a colocação incorreta de resíduos e contaminantes, como é referido: “Eu acho que por um pouco de falta de conhecimento, as pessoas não fazem compostagem...” indicada pelo R1 e “...acabamos também por ter algumas contaminações na compostagem, às vezes também temos um saco de lixo fechado dentro do módulo de compostagem.” referida pelo E4. A baixa adesão é uma limitação que aparece frequentemente na literatura relacionada com a falta de conhecimento e com a ausência de um quadro regulamentar. Já a indevida separação de resíduos orgânicos conduz à maior probabilidade de obter de um composto de qualidade inferior (Asi *et al.*, 2024).

Por outro lado, também são referidos problemas operacionais por falta de manutenção, como a dificuldade no controlo de pragas, referidas por ambas as análises qualitativas. O incómodo ambiental e/ou visual dos compostores pode levar ao fracasso de todo o processo. Este obstáculo pode estar relacionado com a falta de recursos humanos, também mencionado: “A compostagem não é entendida, por grande parte das câmaras, como uma atividade séria para a qual temos de ter um recurso humano 100% dedicado” pelo E3. A falta de recursos, como baixo orçamento, custos operacionais e de manutenção podem ser críticos para a sustentabilidade de um sistema de compostagem, resultando no insucesso do projeto (Asi *et al.*, 2024).

Fatores de sucesso

São identificados alguns elementos que são cruciais para o sucesso da implementação deste tipo de sistemas, no qual é evidenciado a análise ao contexto local para entender a dinâmica das populações, a regulamentação e a vontade política. De facto, a ausência de condições estruturais, como regulamentação nacional, pode comprometer o sucesso destes sistemas, resultando em baixas taxas de participação (Asi *et al.*, 2024).

Parâmetros de Controlo

A partir dos inquéritos, foi possível identificar alguns parâmetros físicos e biológicos do processo de compostagem, tais como a relação C:N, a temperatura na fase termofílica, os valores de humidade e a duração do processo.

A eficiência da compostagem depende de uma relação equilibrada entre C e N, sendo que a uma proporção de 30:1 os microrganismos podem funcionar de forma eficiente e é produzido um composto adequado. Se a relação C:N for demasiado alta, a decomposição torna-se lenta, se for demasiado baixa, há riscos de perda de azoto e desequilíbrio nutricional (Ministry of Agriculture, 1996). Embora a literatura indique que a relação ideal de C:N seja de 30:1, as câmaras municipais recorrem a proporções de volumes mais simples, como 1:1 entre materiais verdes e castanhos.

A maioria dos municípios inquiridos apresentam sistemas de compostagem com temperaturas na fase termofílica entre 50 °C e 60 °C, ou inferiores a 50 °C. De acordo com a literatura, a temperatura ótima nesta fase corresponde a cerca de 60 °C, que é mantida por revolvimentos frequentes, ou por arejamento. Um dos municípios relatou temperaturas superiores a 70 °C, contudo, valores entre 70 e 80 °C não são recomendáveis, pois podem limitar a diversidade microbiana. Para garantir a destruição das ervas daninhas e agentes patogénicos, a temperatura deve atingir pelo menos 55 °C durante 3 semanas ou 65 °C durante uma semana (Van der Wurff, 2016).

Mais de metade dos municípios mantém a humidade do compostor entre 40 a 60%, condição que favorece a atividade microbiana sem limitar o arejamento. Em condições de baixa humidade,

inferior a 40%, a atividade microbiana diminui, enquanto que em excesso de humidade, superior a 60%, pode resultar numa diminuição radical da atividade de microrganismos aeróbios (USDA, 2010; Ministry of Agriculture and Food, 1996).

A duração do processo de compostagem varia entre 10 semanas a 6 meses, dependendo do material colocado, do sistema de compostagem e da intensidade do processo de compostagem (Van der Wurff, 2016). Dos municípios inquiridos, a maior parte conclui o processo entre 3 a 6 meses, cerca de 8, e 4 relataram que apenas concluem com mais de 6 meses.

A velocidade da compostagem é influenciada por diversos fatores, incluindo o tipo e qualidade dos resíduos vegetais, a composição química dos materiais, como os compostos altamente fenólicos de difícil decomposição devido à sua complexa estrutura, e a compostagem conjunta (adição de diferentes materiais). Materiais ricos em nutrientes aceleram a decomposição, uma vez que os microrganismos estão mais disponíveis, enquanto que resíduos com baixo teor nutricional, alto teor de celulose ou alto teor de lignina prolongam o processo. A relação C:N também desempenha um papel crucial; se esta for muito alta os microrganismos são pouco utilizáveis resultando num processo lento (Ayilara *et al.*, 2020).

Gestão e manutenção dos compostores

A maioria dos municípios realiza o acompanhamento dos compostores semanalmente, cerca de 4 municípios, o que é apontado como um elemento fundamental para garantir o bom funcionamento dos mesmos: “...tem que haver um acompanhamento semanal, rigoroso porque, se não, acontece aquilo que nós mais tínhamos medo, que são os cheiros, são moscas; as pessoas quando vão lá uma e outra vez e se deparam com cheiros e com moscas deixam de ir.” – PM-6. Observa-se, no entanto, que 3 municípios realizam a monitorização mais frequente, entre 2 a 3 vezes por semana. O facto de o acompanhamento do compostor ser reduzido pode estar relacionado com a falta de recursos humanos nesta área, como já foi referido nos *focus group e entrevistas*.

A análise das tarefas descritas pelos municípios revela que o acompanhamento se centra sobretudo no controlo das condições físicas do processo, como a medição da temperatura, a adição de água e de estilha, e a medição de humidade, fundamentais para garantir um ambiente favorável à decomposição. O revolvimento é também frequentemente realizado pelos municípios, pois garante a oxigenação necessária para garantir uma alta qualidade biológica, ou seja, de diversidade de microrganismos (Van der Wurff, 2016).

As tarefas realizadas por um número inferior de municípios são operações mais específicas, como a medição de pH, e operações técnicas e que envolvem mais tempo disponível do operador, como a remoção de contaminantes e a manutenção de equipamentos.

7. Qualidade do composto

7.1. Caracterização físico-química

7.1.1. Enquadramento

A qualidade do composto é avaliada pela análise de diversos parâmetros físico-químicas, tais como humidade, matéria orgânica (MO), pH, condutividade elétrica, a quantificação de nutrientes, metais pesados e outros elementos químicos, a relação C/N e ainda foi medida a granulometria de forma a verificar o tamanho das partículas. É importante referir que existem mais parâmetros físico-químicos e biológicos que avaliam a qualidade do composto, no entanto, não estão descritos nesta dissertação.

O composto resultante da compostagem comunitária insere-se, de acordo com a Portaria n.º 185/2022, no grupo dos Corretivos Orgânicos, sendo denominado “Corretivo composto”, uma vez que o processo de obtenção do mesmo resulta do processo controlado de transformação e estabilização de resíduos orgânicos listados no Anexo IV, e que incluem os utilizados na compostagem urbana. Segundo a Portaria indicada, para o composto poder ser comercializado deve ser enquadrado em classes de qualidade com critérios para a sua utilização, de forma a evitar possíveis efeitos nocivos para o solo, água, plantas, animais e seres humanos. Na tabela 7 encontram-se os requisitos em termos de teor mínimo de MO, humidade, granulometria e pH, conforme informação descrita do Anexo II da Portaria n.º 185/2022 (Diário da República, 2022).

Tabela 7: Requisitos aplicáveis às matérias fertilizantes inseridas no grupo de Corretivos Orgânicos. Adaptado de Diário da República, 2022.

Parâmetro	Requisito
Matéria orgânica	Mínimo de 30% (% em massa reportado à matéria seca).
Humidade	Máximo de 40%.
Granulometria	99 % do material que constitui a matéria fertilizante deve passar por um crivo de malha quadrada de 25 mm.
pH	Entre 5,5 e 9,0.

No que diz respeito aos valores de N e C, é de realçar a sua influência no processo de compostagem, bem como o facto de serem os principais indicadores do teor de nutrientes, uma vez que se estes nutrientes estiverem presentes na proporção adequada, outros nutrientes também tendem a estar presentes em quantidades aceitáveis (USDA, 2010). A relação C:N tende a variar ao longo do processo, com uma redução contínua de 35 para 15. No início do processo, entre 2 a 5 dias, o rácio ideal situa-se entre 25 – 35, na fase termofílica, entre 2 a 5 semanas, o rácio ideal é de 15/20 e na fase do composto final (composto maturado) varia entre 10 – 15 (FAO, 2015).

Relativamente aos metais pesados, a Portaria n.º 185/2022 define os limites máximos admissíveis para os teores totais de metais pesados em matérias fertilizantes de componentes orgânicos que se encontram definidos por classes (I, II, II A e III), conforme apresentado na tabela 8.

Tabela 8: Valores máximos admissíveis para teores totais de metais pesados (mg/kg). Retirado de Diário da República, 2022.

Parâmetro	Matéria fertilizante			
	Classe I	Classe II	Classe II A	Classe III
Cádmio (Cd)	0,7	1,5	3	5
Chumbo (Pb)	100	150	300	500
Cobre (Cu)	100	200	400	600
Crómio (Cr)	100	150	300	400
Mercúrio (Hg)	0,7	1,5	3	5
Níquel (Ni)	50	100	200	200
Zinco (Zn)	200	500	1000	1500

As classes correspondem a diferentes tipos de utilização da matéria fertilizante. As classes I e II correspondem a uma utilização na agricultura, a classe II A permite utilização em culturas agrícolas arbóreas e arbustivas, nomeadamente pomares, olivais e vinhas, bem como em espécies silvícolas. A classe III destina-se a utilizações no solo onde não se pretenda implantar culturas destinadas à alimentação humana e animal (Diário da República, Portaria n.º 185/2022).

Os parâmetros nutricionais (azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio) bem como a relação C/N não estão sujeitas a limites legais específicos.

7.1.2. Metodologia

As amostras de composto analisadas no laboratório foram disponibilizadas por diversos municípios que têm sistemas de compostagem comunitária implementados no seu território. O pedido de colaboração foi efetuado pela ESAC, com o objetivo de obter um conjunto de amostras representativo de diferentes regiões do país e, assim, permitir uma avaliação mais abrangente da qualidade do composto. A solicitação foi realizada por correio eletrónico, tendo os compostos sido posteriormente enviados para a ESAC via correio postal (CTT), ou entregues em mão. No total, foram recebidas 15 amostras de composto, provenientes de seis municípios do território nacional, que foram analisadas no laboratório da ESAC pela bolsreira de investigação do projeto HUMYK. Nesta dissertação incluem-se a análise e interpretação dos valores médios obtidos em laboratório (duas a três réplicas para cada parâmetro). Os valores inferiores ao limite de quantificação foram indicados como < LQ.

De forma a quantificar a humidade, foi utilizada a norma EN 13040:2001: *Soil improvers and growing media - Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density*. A metodologia deste parâmetro remete para a pesagem da amostra em estado húmido e depois seca até se obter uma massa constante, a humidade é calculada pela diferença das massas (European Committee for Standardization, 2007).

A determinação do pH teve como base a norma EN 13037: *Soil improvers and growing media - Determination of pH*, que apresenta um método instrumental para a determinação do pH em corretivos de solo ou meios de cultivo. O método consiste numa amostra que é extraída com água a $22 \pm 3,0$ °C numa proporção de extração de 1:5 (1 V de amostra + 5 V de água). O pH da suspensão é medido utilizando um medidor de pH (European Committee for Standardization, 2011a).

Para a avaliação da condutividade elétrica teve-se em conta a norma EN 13038:2011: *Soil improvers and growing media - Determination of electrical conductivity*, que especifica um método para determinar o teor de eletrólitos solúveis em água em corretivos de solo ou meios de cultivo, resumidamente uma porção de teste é extraída com água a $(22 \pm 3,0)$ °C numa proporção de extração de 1:5 (1 volume de amostra + 5 volume de água) para dissolver os eletrólitos. A condutividade elétrica específica do extrato é medida e o resultado é ajustado para uma temperatura de medição de 25 °C (European Committee for Standardization, 2011b).

Para a determinação do carbono e azoto foram utilizadas duas normas diferentes: EN 16168:2013: *Sludge, treated biowaste and soil - Determination of total nitrogen using dry combustion method* (European Committee for Standardization, 2012) e EN 15936:2011: *Sludge, treated biowaste, soil and waste - Determination of total organic carbon (TOC) by dry combustion* (European Committee for Standardization, 2010).

A granulometria foi realizada com base na norma EN 12948: *Liming materials - Determination of size distribution by dry and wet sieving*. Esta norma apresenta dois métodos, a peneiração a seco ou a peneiração a húmido (European Committee for Standardization, 2002).

A norma EN 13650: *Soil improvers and growing media - Extraction of aqua regia soluble elements* consiste um método para extração de elementos solúveis em *aqua regia* de corretivos de solo e meios de cultivo, para a análise de concentrações de elementos químicos como metais e nutrientes (European Committee for Standardization, 2001). Após a extração dos elementos solúveis dos metais realizam-se análises no espectrofotómetro de absorção atómica.

7.1.3. Resultados

Humidade, Matéria Orgânica, pH e Condutividade

A tabela 9 apresenta os valores médios obtidos para a humidade e MO em percentagem, pH e a condutividade elétrica em mS/cm das amostras de composto, bem como os desvios padrão para o pH, MO e condutividade. Os dados obtidos são comparados na Discussão de Resultados (7.1.4) com os limites legais estabelecidos na Portaria n.º 185/2022 de 21 de julho.

Tabela 9: Valores médios de humidade total, MO expressas em percentagem, pH e condutividade elétrica expresso em mS/cm e respetivos desvios padrão.

Nº Amostra	Humidade Total (%)	MO (%)	pH	Condutividade (mS/cm)
O 2443	62,29	89,8±0,2	7,24±0,22	0,71±0,11
O 2444	78,10	82,8±0,0	8,05±0,03	0,67±0,00
O 2445	72,32	84,1±0,2	7,93±0,23	0,76±0,03
O 2452	69,74	77,5±0,2	8,61±0,01	1,37±0,01
O 2453	5,49	25,3±0,2	7,62±5,39	2,61±0,06
O 2456	43,73	38,7±0,3	8,47±0,05	1,72±0,01
O 2457	58,84	52,5±0,6	5,36±4,61	3,29±0,15
O 2458	49,55	36,9±0,6	8,01±0,04	2,19±0,08
O 2459	50,02	34,8±0,4	7,69±0,01	2,61±0,03
O 2460	55,63	57,0±1,0	8,95±0,05	4,95±0,10
O 2461	19,48	45,8±1,7	8,64±0,03	7,07±0,10
O 2462	47,28	55,0±1,3	7,99±0,02	3,23±0,04
O 2463	62,34	55,6±0,1	7,98±0,02	1,96±0,02
O 2464	17,03	46,2±2,2	8,20±0,02	2,88±0,07
O 2465	74,09	78,6±0,8	8,79±0,04	1,97±0,02

Granulometria

A distribuição granulométrica das amostras analisadas foi determinada através da crivagem, sendo os resultados expressos em percentagem das frações com diâmetro inferior a 19 mm, entre 10 e 19 mm e entre 5 e 10 mm. Os resultados obtidos encontram-se na tabela 10.

Tabela 10: Distribuição granulométrica das amostras.

Nº Amostra	<19mm (%)	>10 e <19mm (%)	>5 e <10mm (%)
O 2443	100	88,20	76,21
O 2444	100	93,16	85,99
O 2445	100	91,65	86,63
O 2452	100	91,63	73,06
O 2453	100	98,27	84,59
O 2456	80,44	69,45	84,65
O 2457	86,69	85,66	77,70
O 2458	84,04	84,66	82,83
O 2459	95,29	87,97	84,60
O 2460	78,55	72,40	79,99
O 2461	100	99,41	93,96
O 2462	98,11	93,40	91,60
O 2463	100	99,16	97,54
O 2464	96,46	97,03	93,70
O 2465	98,81	86,45	67,65

Relação C/N

A relação C/N reflete o equilíbrio entre o carbono disponível e o azoto presente no material orgânico. Os resultados do rácio C/N obtidos encontram-se na tabela 11.

Tabela 11: Relação C/N dos compostos.

Nº Amostra	C/N
O 2443	28,40
O 2444	17,58
O 2445	26,72
O 2452	14,99
O 2453	10,00
O 2456	11,47
O 2457	14,70
O 2458	12,37
O 2459	10,79
O 2460	13,06
O 2461	10,00
O 2462	9,17
O 2463	11,72
O 2464	11,81
O 2465	19,91

Nutrientes

Os nutrientes como fósforo, potássio, cálcio e magnésio são importantes para o crescimento de plantas. Estes nutrientes num composto maturado, assim como o N, têm características variáveis de libertação de nutrientes e disponibilidade para as plantas (USDA, 2010). Os resultados analisados das amostras e os respetivos desvios padrão encontram-se na tabela 12.

Tabela 12: Valores totais de azoto, fósforo, potássio, cálcio e magnésio expresso em % de matéria seca e respetivos desvios padrão.

Nº Amostra	Azoto total (N) (%) m.s.	Fósforo Total (P) (%) m.s.	Potássio total (K) (%) m.s.	Cálcio total (Ca) (%) m.s.	Magnésio total (Mg) (%) m.s.
O 2443	1,57±0,01	0,11±0,006	0,98±0,03	1,63±0,05	0,14±0,00
O 2444	2,42±0,01	0,22±0,001	0,99±0,02	2,67±0,04	0,23±0,00
O 2445	1,60±0,03	0,15±0,001	1,02±0,03	2,79±0,10	0,22±0,01
O 2452	2,82±0,03	0,43±0,014	3,62±0,23	11,86±0,58	0,39±0,03
O 2453	1,22±0,05	0,32±0,014	2,48±0,31	24,41±0,65	0,70±0,02
O 2456	1,73±0,12	0,29±0,004	3,95±0,13	14,72±0,20	0,51±0,02
O 2457	1,76±0,01	0,38±0,004	5,93±0,48	11,27±0,12	0,38±0,02
O 2458	1,41±0,03	0,22±0,023	2,91±0,16	12,87±0,28	0,35±0,02
O 2459	1,50±0,02	0,38±0,007	4,20±0,18	8,19±0,14	0,41±0,01
O 2460	2,41±0,02	0,55±0,007	9,84±0,15	19,73±0,05	0,77±0,05
O 2461	2,24±0,01	0,72±0,028	9,29±0,15	31,94±0,90	0,69±0,00
O 2462	3,07±0,15	0,56±0,018	5,42±0,22	32,97±1,56	0,58±0,01
O 2463	2,50±0,01	0,70±0,023	4,31±0,20	27,26±0,23	0,56±0,01
O 2464	2,17±0,03	0,65±0,015	4,43±0,20	48,07±0,61	0,55±0,02
O 2465	1,97±0,05	0,26±0,007	6,52±0,43	11,24±0,04	0,46±0,01

Elementos potencialmente tóxicos

O teor de metais no composto final influencia a sua qualidade, especialmente se o composto for utilizado em culturas para consumo humano. Desta forma, na tabela 13 são apresentados os valores de metais pesados (cádmio, chumbo, cromo, níquel) e outros potencialmente tóxicos em excesso (cobre e zinco), bem como os respetivos desvios padrões.

Tabela 13: Valores totais de metais (cádmio, chumbo, cobre, crómio, níquel e zinco) expressos em mg/kg e respetivos desvio padrão.

Nº Amostra	Cádmio Total (Cd)	Chumbo total (Pb)	Cobre total (Cu)	Crómio total (Cr)	Níquel total (Ni)	Zinco total (Zn)
Unidade	(mg/kg) m.s.	(mg/kg) m.s.	(mg/kg) m.s.	(mg/kg) m.s.	(mg/kg) m.s.	(mg/kg) m.s.
O 2443	< LQ	18,74±2,571	12,29±0,15	< LQ	< LQ	61,08±6
O 2444	< LQ	21,49±0,312	23,75±0,24	26,69±0,077	< LQ	227,95±4
O 2445	< LQ	21,55±1,644	21,82±0,35	37,47±0,069	37,15±3,489	88,37±1
O 2452	< LQ	<LQ	31,35±0,43	< LQ	< LQ	184,72±9
O 2453	< LQ	31,17±0,576	41,88±1,06	46,02±1,455	46,00±1,239	286,72±6
O 2456	< LQ	67,65±6,987	81,12±0,98	181,89±9,448	81,84±1,426	634,24±23
O 2457	< LQ	15,53±1,125	117,71±0,65	180,82±1,893	75,63±0,676	168,41±1
O 2458	< LQ	19,70±0,352	53,43±0,45	378,50±0,779	89,87±6,564	190,76±22
O 2459	< LQ	22,67±0,518	81,14±0,63	400,47±2,231	76,60±2,481	179,70±3
O 2460	< LQ	22,13±0,723	93,38±2,02	82,81±0,349	51,17±1,084	788,85±23
O 2461	< LQ	26,60±0,599	52,05±1,49	96,00±1,827	52,81±1,803	445,52±10
O 2462	< LQ	14,41±0,349	53,77±1,30	91,49±2,228	49,78±2,732	450,85±8
O 2463	< LQ	18,55±0,615	56,80±1,02	86,94±0,385	39,53±1,251	566,47±18
O 2464	< LQ	23,87±1,205	40,49±0,71	63,95±2,626	36,02±1,393	424,64±2
O 2465	< LQ	< LQ	126,72±0,76	71,27±1,745	< LQ	225,23±8

7.1.4. Discussão de Resultados

A avaliação da qualidade do composto foi realizada com base num conjunto de parâmetros físico-químicos considerados importantes para a utilização no solo, obstante existirem outros parâmetros igualmente importantes, mas que não foram apresentados nesta dissertação. A discussão de resultados encontra-se organizada pela ordem em que foram apresentados os resultados.

Humidade, Matéria Orgânica, pH e Condutividade

Para a discussão destes resultados será realizada uma comparação entre os valores médios obtidos no laboratório e o que está estabelecido na Portaria n.º 185/2022 de 21 de julho, bem como de literatura científica.

Os valores de MO analisados variam entre 25,3% e 89,8%, evidenciando uma heterogeneidade significativa entre as amostras. De modo geral, a maioria das amostras apresentou teores elevados de MO, superiores a 40%. De acordo com a legislação aplicável, que estabelece um teor mínimo de 30% de MO, verifica-se que quase todas as amostras cumprem o requisito legal, destacando-

se valores elevados como 89,8%, 84,1%, 82,8% e 78,6%. Observa-se apenas uma amostra com valor inferior ao limite legal (25,3%), o que a torna não conforme relativamente aos critérios estabelecidos para corretivos orgânicos.

Os teores de humidade das amostras analisadas variam entre 5,49% e 78,10% revelando uma elevada variabilidade entre os materiais. De acordo com a legislação em vigor, que define um valor máximo de 40% de humidade, verifica-se que doze amostras apresentam valores superiores ao limite permitido, não cumprindo o requisito legal. Valores particularmente elevados, como 78,10%, 74,09%, 72,32% e 69,74% indicam um composto muito húmido, o que pode comprometer a estabilidade do mesmo. Por outro lado, apenas algumas amostras apresentam humidade inferior ao limite legal, nomeadamente aquelas com valores de 5,49%, 17,03% e 19,48% estando em conformidade com a legislação. De uma forma geral, os resultados obtidos indicam a necessidade de melhorar o controlo do teor da humidade, uma vez que valores excessivos podem afetar negativamente a qualidade do fertilizante.

No que diz respeito aos valores de pH registados, estes variam entre 5,36 e 8,95, existindo uma variação moderada, mas a maior parte está entre os valores considerados adequados para as matérias fertilizantes. De acordo com o requisito legal, que estabelece que o pH da matéria fertilizante deve situar-se entre 5,5 e 9, verifica-se que quase todas as amostras cumprem o intervalo referido. A maioria dos valores situa-se entre 7,6 e 8,8, indicando um pH neutro a ligeiramente alcalino. Apenas uma amostra apresentou um valor ligeiramente inferior ao limite mínimo estabelecido, com pH de 5,36, sendo, por isso, considerada não conforme.

Os valores de condutividade elétrica dos compostos analisados variam entre 0,67 e 7,07 mS/cm, indicando uma grande variabilidade no teor de sais solúveis presentes nas matérias fertilizantes. É considerado uma concentração de sais solúveis elevada se for superior a > 10 mS/cm, o que não se regista em nenhuma das amostras analisadas (Reid *et al.*, 2022).

Granulometria

A análise granulométrica das amostras permitiu avaliar a percentagem de material que passa por diferentes crivos, nomeadamente < 19 mm, > 10 e < 19 mm e > 5 e < 10 mm. De acordo com o requisito legal, 99% do material que constitui a matéria fertilizante deve passar por um crivo de malha quadrada de 25 mm. Tendo em conta que o crivo de 25 mm é superior aos crivos analisados (< 19 mm), os resultados obtidos indicam que a maioria das amostras cumpre este requisito, uma vez que apresentam percentagens muito elevadas de material com dimensão inferior a 19 mm.

Verifica-se que apenas 7 das 15 amostras apresentam 100% do material com dimensão inferior a 19 mm, pelo que estas amostras cumprem o requisito legal, apresentando uma granulometria fina e homogénea. As restantes 8 amostras apresentam percentagens inferiores a 100% na fração < 10

mm, variando entre 78,55 % e 98,81 %, o que indica a presença de partículas de maior dimensão (superiores a 19 mm), o que não implica necessariamente que ultrapassem o requisito legal.

As frações >10 e <19 mm e >5 e <10 mm apresentam, de um modo geral, valores elevados, indicando que uma parte significativa do material se encontra com granulometrias com valores baixos, o que é um ponto positivo. De forma global os resultados demonstram que a variabilidade observada justifica a necessidade de um controlo mais rigoroso do processamento.

Relação C:N

Os valores do rácio C:N das amostras analisadas variam entre 9,17 e 28,40. De acordo com a literatura (FAO, 2015), a relação C/N tende a diminuir continuamente ao longo do processo de compostagem, e na fase final o rácio ideal situa-se entre 10 e 15. Os resultados obtidos demonstram que a maioria das amostras, cerca de 11, apresenta um rácio C/N dentro da faixa esperada para compostos maturados (10-15), o que evidencia uma boa estabilização da matéria orgânica. As restantes amostras apresentam valores mais elevados, o que reflete a presença de materiais menos maturados.

Nutrientes

A avaliação dos valores de nutrientes no composto foi efetuada por comparação a valores de referência encontrados na literatura (Sullivan *et al.*, 2018) para compostos orgânicos em fase final, uma vez que não existem valores-limite legais definidos em Portugal para estes parâmetros. De acordo com a literatura encontrada, os teores típicos expressos em percentagem de matéria seca de N variam entre 1-2%, de fósforo entre 0,3 a 0,9%, de potássio entre 0,5 a 1,5%, de cálcio entre 1,5 a 3,5% e magnésio entre 0,25 a 0,7%.

Os teores de N total obtidos variam entre 1,22 a 3,07%, em que maioria das amostras apresenta valores dentro ou ligeiramente acima do intervalo de referência, indicando um composto com bom potencial de fornecimento de N. Os valores de fósforo total variam entre 0,11 a 0,77%, pelo que uma grande parte, cerca de 9, se encontram dentro do valor de referência, enquanto as restantes se situam abaixo do valor. No que diz respeito ao potássio total, os valores registados encontram-se entre 0,98 a 9,84%, observando -se que a maior parte das amostras apresentam valores superiores ao intervalo típico (0,5 a 1,5%), o que indica que os compostos são ricos em potássio. A nível do cálcio total os valores obtidos em laboratório variam entre 1,63 a 48,07%, com cerca de 12 amostras a ultrapasarem o intervalo de referência (1,5 a 3,5%), verificando-se um composto bastante rico em cálcio. Os valores de magnésio total registados encontram-se entre 0,14 a 0,77%, pelo que a maioria das amostras se situa dentro do intervalo de referência, cerca de 11 amostras, indicando um composto com fornecimento adequado de magnésio.

De um modo geral, os resultados obtidos são compatíveis com os valores reportados na literatura para compostos orgânicos, embora se observe uma variabilidade significativa entre as amostras. Através dos resultados obtidos o composto analisado apresenta valores de nutrientes relevantes, destacando-se os elevados valores de potássio e cálcio.

Elementos potencialmente tóxicos

A avaliação dos teores totais de metais pesados nas amostras é fundamental para determinar a sua classificação legal, pelo que os resultados obtidos foram comparados com os valores limite estabelecidos para as diferentes classes regulamentadas no Anexo II da Portaria n.º 185/2022.

Iniciando pelo cádmio, em todas as amostras o valor foi inferior ao LQ, indicando concentrações baixas, inferiores ao limite máximo permitido para a Classe I (0,7 mg/kg m.s.). Desta forma, todas as amostras cumprem os requisitos legais para este metal, não apresentando risco de contaminação do solo.

Em relação ao elemento chumbo, os valores variam entre LQ e 67,65 mg/kg m.s., situando-se muito abaixo do limite máximo da Classe I (100 mg/kg m.s.). Assim, todas as amostras podem ser enquadradas na Classe I, evidenciando baixo potencial de risco ambiental.

Os valores de cobre apresentam uma grande variabilidade, oscilando entre 12,29 e 126,72 mg/kg m.s., no entanto, a maioria das amostras apresenta valores inferiores a 100 mg/kg m.s., enquadrando-se na Classe I. Apenas são registados valores acima de 100 mg/kg m.s., os valores 126, 27 mg/kg m.s e 117, 71 mg/kg m.s, o que os coloca na Classe II que se situa abaixo de 200 mg/kg m.s.

Relativamente aos teores de crómio, variam entre valores inferiores ao LQ e 400,47 mg/kg, no entanto, a maioria, 11 amostras, encontram-se abaixo de 100 mg/kg m.s., enquadrando-se na Classe I. Existem duas amostras que se encontram na Classe II A, por registarem valores abaixo de 300 mg/kg m.s., enquanto que uma se encontra na classe seguinte, a Classe III por ter sido determinado um valor de 378,50 mg/kg m.s. situando-se abaixo dos 400 mg/kg m.s.. Destaca-se uma amostra que apresenta valores superiores aos limites estabelecidos de 400 mg/kg m.s., o valor de 400,47 mg/kg m.s., o que indica potencial de contaminação do solo.

Os valores de níquel variam entre < LQ e 89,87 mg/kg m.s, sendo que nove se encontram abaixo de 50 mg/kg m.s., enquadrando-se por isso na Classe I, já os restantes por apresentarem valores abaixo dos 100 mg/kg m.s. inserem-se na Classe II, demonstrando que todos os registos estão dentro dos valores limites legais.

Por último, o metal zinco é o que se encontra em maior concentração, com valores entre 61, 08 e 788, 85 mg/kg m.s. Existem seis amostras que se enquadram na classe I (abaixo de 200 mg/kg

m.s.), e também seis que se situam na classe II (entre 200 e 500 mg/kg m.s.), sendo que apenas três se incluem na classe II A (entre 500 e 1000 mg/kg m.s.). Nenhuma das amostras ultrapassou o limite máximo de 1500 mg/kg m.s., correspondente à Classe III.

No geral, os resultados indicam que praticamente todas as amostras cumprem os limites legais estabelecidos para metais pesados, a única exceção remete para um registo de crómio, ligeiramente acima do regulamentado. Os valores enquadram-se maioritariamente nas Classes I e II, com algumas situações pontuais da Classe II A para crómio e zinco, e na Classe III para o crómio. A ausência de cádmio quantificável e os baixos teores de chumbo são particularmente relevantes do ponto de vista ambiental.

Estes resultados demonstram que os compostos analisados apresentam, no geral, baixo risco de contaminação por metais pesados, podendo ser utilizados para fins agrícolas de forma segura, excetuando um valor de crómio numa amostra que deve ser estudada de forma a evitar novas contaminações destes elementos.

7.2. Caracterização Microbiológica

7.2.1. Enquadramento

Um fator fundamental no processo de compostagem é a minimização de microrganismos patogénicos, e para tal, é importante que o processo seja bem gerido e controlado em todas as etapas da produção (Sunar *et al.*, 2009). O controlo dos parâmetros de humidade, arejamento, temperatura, tamanho das partículas, concentração de nutrientes e pH previne a contaminação por microrganismos potencialmente patogénicos. Num estudo realizado com diferentes sistemas de compostagem em pequena escala, verificou-se que naqueles em que não houve revolvimento para introdução de oxigénio ou verificação da temperatura, a presença de patógenos foi maior (Czapela *et al.*, 2020).

Entre os indicadores bacterianos de poluição fecal, destaca-se o papel da *Escherichia coli*, uma vez que a sua presença apresenta uma forte correlação com a ocorrência de outras bactérias entéricas com características semelhantes. Os *Enterococci*, que pertencem ao mesmo grupo da *E. coli*, evidenciam uma maior resistência a tratamentos físicos e estão intimamente associados ao trato gastrointestinal terminal de animais homeotérmicos, constituindo, por isso, um grupo indicador de contaminação fecal particularmente importante. A deteção da *Salmonella* spp. assume igualmente grande relevância na avaliação da qualidade sanitária do composto, assumindo riscos para a saúde pública (Briancesco, 2008).

No anexo II da Portaria 185/2022 encontram-se os requisitos em termos de valores máximos admissíveis de microrganismos, de sementes e de propágulo de infestantes. Nesta dissertação será

avaliado, em termos microbiológicos, os microrganismos patogénicos, pelo que na tabela 14 se encontram os valores admitidos.

Tabela 14: Valores máximos admissíveis de microrganismos patogénicos. Retirado de Diário da República, 2022.

Microrganismos patogénicos	Valores máximos admissíveis
<i>Salmonella spp.</i>	Ausente em 25 g de matéria fertilizante produzida
<i>Escherichia coli</i>	<1000 células /g de matéria fertilizante produzida

Salmonella spp.

A *Salmonella spp.* pertence à família *Enterobacteriaceae*. São gram negativas e bastonetes anaeróbico facultativos. A *Salmonella spp.* é classificada em sorovares (sorotipos) baseados no lipopolissacarídeo (O), proteína flagelar (H), e às vezes os antígenos capsulares (Vi). Existem mais de 2500 sorovares conhecidos. Dentro de um sorovar, pode haver cepas que diferem em virulência (The Center for Food Cesity & Public Health, 2013).

Este agente patogénico encontra-se no ambiente, no entanto o seu principal reservatório é o trato intestinal de animais de criação, particularmente suínos, aves e bovinos. A sua transmissão por um hospedeiro saudável ocorre através do consumo de alimentos e água contaminados (Lamichhane *et al*, 2024) (Laureti *et al*, 2022). Os produtos agrícolas não processados, como hortaliças e frutas, e os alimentos de origem animal, como as carnes cruas, o leite e os ovos são veículos frequentes deste tipo de patógeno. A contaminação de origem fecal é geralmente a fonte para os produtos agrícolas, pela exposição à água contaminada; para o leite e os ovos, por meio da exposição direta; e para a carne, usualmente durante as operações de abate (Ministério da Saúde Brasil, 2011).

As infeções por *Salmonella* em humanos pode ser dividida em duas formas principais: salmonelose tifoide invasiva e salmonelose não tifoide. A primeira, causada por *S. enterica* (sorotipos Typhi e Paratyphi A e B), causa febre entérica, gastroenterite e bacteremia. A segunda pode ser causada por diversos sorovares de *Salmonella*. Entre estes, os serótipos não tifoides, como *S. enterica* Typhimurium, têm uma ampla gama de hospedeiros vertebrados e causam vários sintomas que geralmente incluem doença diarreica (Laureti *et al.*, 2022).

Escherichia coli

A *Escherichia coli* consiste numa bactéria Gram-negativa em forma de bastonete da família *Enterobacteriaceae*. Pode ser encontrada nos intestinos dos seres humanos e animais saudáveis, sendo parte da flora bacteriana normal, no entanto, algumas estirpes de *E. coli* podem causar doenças e levar a infeções graves (EFSA, 2014; Jang *et al.*, 2017).

O grupo de bactérias *E. coli* STEC (produtora de toxina shiga) pode causar diarreia com sangue e síndrome hemolítico-urémica em humanos, uma condição grave que pode levar à insuficiência renal e ser fatal. As pessoas são infetadas com STEC ao consumir ou manusear alimentos ou água contaminados ou através do contacto com animais infetados. A transmissão de pessoa para pessoa também é possível entre contatos próximos (EFSA, 2014).

7.2.2. Metodologia

As amostras de composto utilizadas nas análises microbiológicas foram as mesmas que foram utilizadas para as análises físico-químicas, e os trabalhos laboratoriais foram efetuados pela mesma pessoa.

As metodologias utilizadas para avaliar os microrganismos patogénicos nos vários compostos foram retiradas das normas ISO. A ISO (Organização Internacional de Normalização) é uma federação mundial de organismos nacionais de normalização, no qual a preparação das Normas internacionais é realizada através de comités técnicos da ISO e organizações internacionais governamentais e não governamentais. A ISO colabora com o IEC (Comissão Internacional Eletrotécnica) no âmbito da normalização eletrotécnica (ISO, 2017).

A metodologia utilizada para avaliar a deteção de *Salmonella spp.* foi retirada da ISO 65791 -1 (Microbiology of the food chain – Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of *Salmonella* – Part 1: Detection of *Salmonella spp.*

A ISO 6579-1 substitui a ISO 6579:2002 e a ISO 6785:2001. Este documento descreve um método horizontal para a deteção de *Salmonella spp.* aplicável a produtos destinados ao consumo humano e à alimentação animal, as amostras ambientais na área da produção e manuseamento de alimentos e amostras da fase de produção primária, tais como fezes de animais, poeiras e esfregaços. Recorrendo a esta norma é possível detetar a maioria dos serovares de *Salmonella*, no entanto para alguns serovares mais específicos são necessárias etapas adicionais, como é o caso da *Salmonella Typhi* e *Salmonella Paratyphi*.

A ISO 6579-1 está validada para a pesquisa de *Salmonella* em amostras de 25g, pelo que foi essa a quantidade utilizada das amostras de composto disponibilizadas. São necessárias quatro etapas sucessivas referidas na tabela 15 para a pesquisa de *Salmonella spp.*

Tabela 15: Etapas e para a deteção de *Salmonella*.

Etapa	Meio de cultura	Condições de incubação
Pré – enriquecimento	Buffered peptone water (BPW)	Entre 34°C e 38°C durante 18h.
Enriquecimento	Rappaport-Vassiliadis medium with soya (RVS broth) Modified Semi-solid Rappaport-Vassiliadis (MSRV) agar Muller-Kauffmann tetrathionate-novobiocin broth (MKTTn broth)	41,5°C durante 24h (RVS broth) 37°C durante 24 horas (MKTTn broth)
Inoculação num meio sólido seletivo	Xylose Lysine Deoxycholate agar (XLD agar)	37° C durante 24 horas
Confirmação	Testes bioquímicos e serológicos	

Na figura 37 é possível verificar o meio XLD antes e depois da incubação.

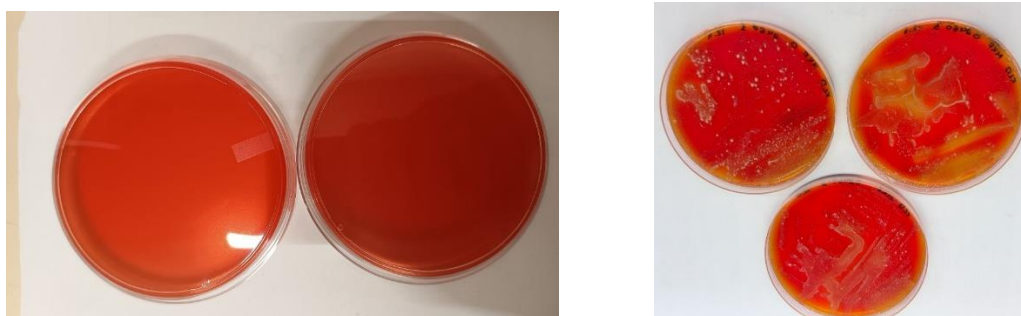


Figura 37: a) Meio XLD; b) Meio XLD após incubação. Fonte: Técnica do laboratório da ESAC.

Para verificar se existem colónias típicas de *Salmonella* no meio XLD, verifica-se se têm um centro preto e uma zona ligeiramente transparente de coloração avermelhada, resultante da mudança de cor do indicador.

A deteção e quantificação de *Escherichia coli* no composto de biorresíduos foram realizadas de acordo com a norma ISO 16649-2, que descreve a técnica de contagem de colónias a 44 °C utilizando o substrato cromogénico 5-bromo-4-cloro-3-indolil-β-D-glucuronídeo (BCIG). Este método permite a enumeração de *E. coli* positivas para β-glucuronidase em produtos destinados ao consumo humano ou à alimentação de animais (ISO, 2001). As etapas para a deteção de *E.coli* encontram-se na tabela 16.

Tabela 16: Etapas e para a deteção de *e.coli*.

Etapa	Meio de cultura	Condições de incubação
Preparação do meio de cultura	<u>Triptona-bile-glucurônico (TBX)</u>	121°C durante 15 minutos
Inoculação e incubação	Meio TBX	44 ° C entre 18h a 24h
Contagem de colónias	Meio TBX	-

Decorrido o período de incubação, as placas foram examinadas e contabilizadas apenas quando apresentavam menos de 150 colónias típicas e menos de 300 colónias totais (típicas e não típicas).

Para que um resultado seja considerado válido, é necessário que seja realizada a contagem de UFC (Unidade Formadoras de Colónias) em pelo menos uma placa que contenha um mínimo de 15 colónias azuis. O número N de unidades formadoras de colónia de *E. coli* positivas para β -glucuronidase presentes na amostra de ensaio, expresso por grama, deve ser calculado como a média ponderada de duas diluições sucessivas, utilizando a seguinte equação:

$$N = \frac{\Sigma a}{V(n_1 + 0,1n_2)d}$$

- Σa : é o somatório das UFC contadas em todas as placas consideradas de duas diluições sucessivas, sendo que pelo menos uma deve conter um mínimo de 15 colónias azuis.
- n_1 : é o número de placas consideradas na primeira diluição.
- V: é o volume de inóculo, em mililitros, aplicado a cada placa.
- n_2 : é o número de placas consideradas na segunda diluição.
- d: é o fator de diluição correspondente à primeira diluição considerada.

Nestas análises laboratoriais, foi utilizada uma diluição de 1/10, logo, ao realizar-se a média das amostras, multiplica-se por 10, de modo a expressar os resultados em UFC/g, obtendo-se o valor final da média, como se pode verificar na tabela 17.

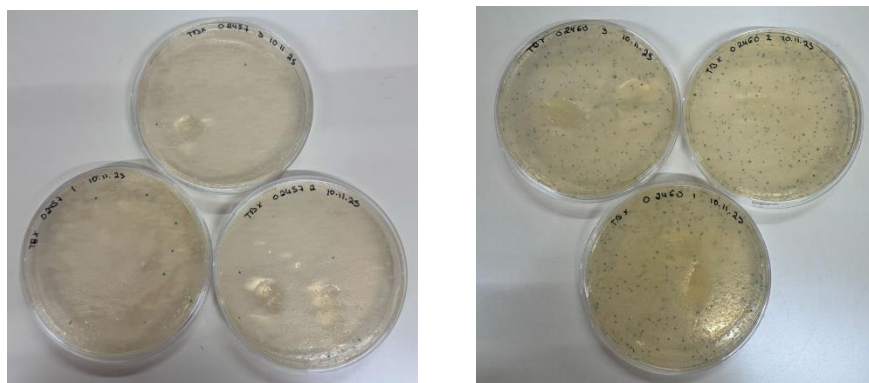


Figura 38: a) Meio TBX b) Meio TBX da Amostra O2460 após incubação. Fonte: Técnica de laboratório da ESAC.

7.2.3. Resultados

Foram analisadas 15 amostras, correspondentes a diferentes números de laboratório, para a deteção e quantificação de *Escherichia coli* e para a verificação ou ausência de *Salmonella spp.* A avaliação baseou-se na contagem média de colónias de *E. coli* em três réplicas de amostra com um limite de aceitabilidade definido em 1000 UFC/g. Para a *Salmonella*, o critério estabelecido foi a ausência.

Em todas as amostras analisadas, o resultado para *Salmonella spp.* foi ausente logo não existe contaminação deste patógeno, garantindo a segurança relativamente a este parâmetro. No que diz respeito à *E. coli*, a maioria das amostras apresentou valores médios inferiores ao limite estabelecido, sendo classificadas como conformes. Contudo, três amostras excederam o limite de 1000 UFC/g, resultando em não conformidade. Estes resultados são apresentados na tabela 17.

Tabela 17: Resultados da quantificação de agentes patogénicos (*E. coli* e *Salmonella* spp.).

<i>E.coli</i>								<i>Salmonella</i>
Nº de laboratório	Número de colónias (placas de amostras)			Média (UFC/placa de amostra)	Média (UFC/g, fator de diluição 10 ⁻¹)	Limite	Conformidade	Presente/Ausente
	1	2	3					
O 2443	107	200	113	140	1400	1000	Incumprimento	Ausente
O 2444	6	8	6	6,7	67	1000	Cumprimento	Ausente
O 2445	218	182	0	200	2000	1000	Incumprimento	Ausente
O 2452	0	0	0	0	0	1000	Cumprimento	Ausente
O 2453	0	0	0	0	0	1000	Cumprimento	Ausente
O 2456	0	0	0	0	0	1000	Cumprimento	Ausente
O 2457	8	6	2	5,3	53	1000	Cumprimento	Ausente
O 2558	0	0	0	0	0	1000	Cumprimento	Ausente
O 2459	0	0	0	0	0	1000	Cumprimento	Ausente
O 2460	241	296	259	265,3	2653	1000	Incumprimento	Ausente
O 2461	0	0	0	0	0	1000	Cumprimento	Ausente
O 2462	2	1	0	1	10	1000	Cumprimento	Ausente
O 2463	1	2	2	1,7	17	1000	Cumprimento	Ausente
O 2464	0	0	0	0	0	1000	Cumprimento	Ausente
O 2465	1	1	1	1	10	1000	Cumprimento	Ausente

7.2.4. Discussão de Resultados

A análise realizada permitiu avaliar a qualidade em termos microbiológicos das amostras recolhidas, através da deteção e quantificação de *E. coli* e *Salmonella*. A Portaria n.º 158/2022 define os valores admissíveis anteriormente referidos (para a *Escherichia coli*: <1000 células /g de matéria fertilizante produzida; para a *Salmonella spp.*: ausente em 25 g de matéria fertilizante produzida), pelo que os resultados obtidos resultam em três amostras que não cumprem com os valores para a *E. coli*, no entanto, para a *Salmonella* todas as amostras cumprem o valor admissível.

A presença de agentes patogénicos no composto é influenciada pelos materiais orgânicos utilizados e pelo método de compostagem efetuado. Os tipos de resíduos que podem ser a causa da contaminação são: resíduos alimentares, incluindo frutas, legumes e restos de cozinha e alimentos contaminados (produtos estragados ou manuseados incorretamente); estrume de animal; resíduos de jardim, como aparas de relvas e folhas, embora seja menos provável de introduzir agentes patogénicos em comparação com resíduos alimentares ou estrume, pode ocorrer se os resíduos de jardim tiverem estado em contacto com fezes de animais ou outras fontes de patógenos.

Existem vários fatores que influenciam a sobrevivência destes microrganismos no composto. As altas temperaturas durante o processo desempenham um papel crucial na inativação de patógenos, pelo que devem atingir os 55 a 65 °C numa exposição prolongada. A humidade excessiva ou condições de inundação podem favorecer a persistência de agentes patógenos. A relação C/N é considerado o indicador consistente para a remoção de patógenos, uma vez que o carbono é um fator limitante da velocidade, assim, manter uma relação ideal (cerca de 25 - 35) facilita a atividade microbiana e a decomposição durante a compostagem, contribuindo para a redução de patógenos. A duração do processo de compostagem e o revolvimento também influenciam na eliminação de patógenos, tendo em conta que o revolvimento regular do composto promove a redução destes microrganismos e o que o tempo adequado permite a decomposição da matéria orgânica, diminuindo os recursos disponíveis para os patógenos. A conceção e gestão dos sistemas de compostagem podem afetar a sobrevivência de agentes patogénicos, tais como as condições de arejamento para manter os níveis de oxigénio e o isolamento para manter a temperatura (Tyagi e Vijayan, 2023).

Os inquéritos realizados indicaram que a maioria dos municípios encontra contaminantes nos compostores, cerca de 12 dos 15 municípios consultados, e um deles refere a presença de fezes de animais, que pode ser uma fonte de contaminação de patógenos nalgumas amostras de composto. Além disso, 4 municípios referiram manter uma temperatura inferior a 50 °C na fase

termofílica, o que não é o ideal para eliminar os microrganismos patogénicos, sugerindo que os parâmetros de controlo do processo devem ser melhorados em alguns municípios.

8. Conclusão

A compostagem comunitária revela-se uma estratégia essencial para a gestão sustentável dos biorresíduos, contribuindo simultaneamente para a redução de resíduos enviados para aterro, a mitigação de emissões de gases com efeito de estufa e a promoção da economia circular.

O presente estudo faz uma análise ao panorama da compostagem comunitária em Portugal Continental, do qual se retira que existe uma baixa percentagem deste método de reciclagem de biorresíduos, apenas cerca de 27% dos municípios, destacando-se os rurais com maior número de cidades a realizar esta prática. Os municípios que já implementaram esta prática seguem as normas da APA.

Além disto, fez-se um levantamento sobre os tipos de compostores comunitários em Portugal e a nível internacional, mostrando uma grande diversidade de soluções, umas mais tecnológicas que outras. Relativamente a compostores comunitários automatizados existe uma maior oferta a nível internacional do que em Portugal. Estes equipamentos integram tecnologias de monitorização, sistemas de ventilação e automatização, bem como aplicações digitais como no caso da cidade de Pontevedra, em Espanha.

Do ponto de vista social, através da análise realizada aos *focus groups* de Arganil e Mealhada, verificou-se que a perceção dos cidadãos quanto a fatores que promovem a adesão à compostagem, os problemas encontrados, as práticas de sensibilização, entre outros, permitiram identificar perceções comuns aos dois municípios, como desafios, a localização e acessibilidade dos compostores, a necessidade de informação clara e contínua sobre processo, os problemas de higiene e manutenção, e ainda a importância de incentivos à participação. A análise demonstrou que, apesar das dificuldades, a população e as entidades gestoras reconhecem o potencial da compostagem comunitária e sugerem soluções viáveis, como campanhas de sensibilização, sistemas de recolha porta-a-porta e a atribuição de benefícios diretos aos utilizadores.

Os inquéritos realizados permitiram perceber que as dificuldades identificadas nos *focus group* e entrevistas são comuns a outros municípios, como desafios (baixa adesão, deposição incorreta de resíduos, presença de contaminantes e limitações operacionais). Quanto aos parâmetros físico-químicos do processo de compostagem, observou-se que a nível de temperatura na fase termofílica há municípios com temperatura abaixo do adequado (inferior a 50 °C), a nível de humidade apresentam valores aceitáveis e a duração do processo varia entre 3 a 6 meses. A grande parte dos municípios realiza mais tarefas do que medir a humidade e temperatura, o que revela uma boa prática ao longo do processo.

No que diz respeito à qualidade do composto final, a nível dos parâmetros físico-químicos, de uma forma global, os resultados obtidos permitem concluir que a maioria das amostras cumprem

os requisitos legais estabelecidos na Portaria n.º 185/2022, no entanto existem não conformidades nos valores de humidade, cerca de doze amostras, uma amostra não conforme em termos de MO, uma amostra não conforme em termos de pH e outra não conformidade em termos de metais pesados, mais especificamente no elemento crómio. No entanto destacam-se os elevados teores de matéria orgânica e valores de pH adequados na maioria das amostras. De notar a grande variabilidade observada entre amostras, nomeadamente ao nível de humidade, granulometria e teores de alguns nutrientes, podendo estar relacionado com os diferentes tipos de biorresíduos colocados e métodos de gestão e monitorização. Assim, os resultados indicam que, de um modo geral, o composto apresenta qualidade adequada para utilização agrícola, embora seja necessário um controlo mais rigoroso de alguns parâmetros.

A nível da qualidade microbiológica, verificou-se que a maioria das amostras analisadas não apresenta este tipo de contaminação, apenas 3 amostras não cumprem os valores para a *E. Coli*. A presença de contaminantes como plásticos e fezes de animais reportados por alguns municípios, associado ao facto de referirem que são medidas temperaturas abaixo dos 50 °C na fase termofílica, sugere a necessidade de um controlo mais rigoroso dos parâmetros do processo para garantir a correta eliminação de agentes patogénicos.

Por fim, conclui-se que a compostagem comunitária é um instrumento fundamental para o cumprimento das metas ambientais definidas a nível europeu, nomeadamente no âmbito do Pacto Ecológico Europeu e das diretivas que obrigam aos Estados – Membros à recolha seletiva e valorização dos biorresíduos. De forma a impulsionar o crescimento desta prática em Portugal, seria importante evoluir a nível tecnológico, implementando soluções que facilitem a monitorização dos parâmetros físicos e químicos, o que permitiria diminuir os recursos humanos e otimizar o processo. Além disso, seria crucial investir em estratégias para motivar a população a participar na compostagem comunitária.

9. Bibliografia

AEPSA – Associação das empresas portuguesa para o setor do ambiente (2020). Estudo Técnico e Financeiro Relativo à Recolha De Biorresíduos. ECOserviços GROUP.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente (2019)a. Estudo prévio sobre a implementação da recolha seletiva em Portugal Continental incidindo em especial sobre o fluxo dos biorresíduos. EY Building a better working world.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2024)a. Regras Gerais para a Compostagem de Biorresíduos Urbanos. Versão 1. Lisboa.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2017). Relatório Anual Resíduos Urbanos 2017. Lisboa.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2018). Relatório Anual Resíduos Urbanos 2018. Lisboa.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2019)b. Relatório Anual Resíduos Urbanos 2019. Lisboa.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2020). Relatório Anual Resíduos Urbanos 2020. Lisboa.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2021). Relatório Anual Resíduos Urbanos 2021. Lisboa.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2022). Relatório Anual Resíduos Urbanos 2022. Lisboa.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2023). Relatório Anual Resíduos Urbanos 2023. Lisboa.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2024)b. Relatório Anual Resíduos Urbanos 2024. Lisboa.

APA – Agência Portuguesa do Ambiente. (2025). Relatório Anual Resíduos Urbanos 2024. Lisboa.

André, P. (2018). Compostagem urbana comunitária. Azul [Master's thesis, ISA: Instituto Superior de Agronomia]. Repositório do ISA.

Arrobas, M., Carvalho, J., Raimundo, S., Poggere, G., Rodrigues, M. (2021). *The safe use of compost derived from municipal solid waste depends on its composition and conditions of application*. Soil Use Management. DOI: 10.1111/sum.12737.

Asi, O., Daskal, S., Sabbah, I., Ayalon, O., Baransi-Karkaby, K. (2024). *Modelo de Análise de Compostagem Descentralizada – O Caminho da Análise Qualitativa*. *Sustentabilidade*, 16 (9), 3626. DOI: <https://doi.org/10.3390/su16093626>

Ayilara, M., Olanrewaju, O., Babalola, O., Odeyemi. O. (2020). *Waste Management through Composting: Challenges and Potentials*. *Sustainability* **2020**, 12(11), 4456. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12114456>.

Bassouka-Miatoukantama, R., Lerch, T., Bocko, Y., Pando-Bahuon, A., Watha-Ndoudy, N., Nzila, J., Loumeto, J. (2025). *Composting Urban Biowaste: A Potential Solution for Waste Management and Soil Fertility Improvement in Dolisie, Congo*. *Sustainability* 2025, 17, 560, pp, 1-21. DOI: <https://doi.org/10.3390/su17020560>.

Baumgarten, A. (2003). *Phytotoxicity*. Horizontal 7. Vienna. Disponível em https://horizontal.ecn.nl/docs/society/horizontal/hor_desk_8_phyto.pdf

Besançon (2024). <https://pt.wikipedia.org/wiki/Besan%C3%A7on>. Consultado em setembro de 2025.

Briancesco, R., Coccia, A., Chiaretti, G., Libera, S., Semproni, M., Bonadonna, L. (2008). *Assessment of microbiological and parasitological quality of composted wastes: health implications and hygienic measures*. *Waste Management & Research*. Pp. 196-202. DOI: 10.1177/0734242X07085064.

Chandra, K. (2005). *Organic manures*. Released on the occasion of 10 days training programme on “Production and Quality Control of Organic Inputs” Kottayam, Kerala. Regional Centre of Organic Farming, No. 34, 5th Main Road Hebbal, Bangalore-24

Condamine, P. (2019). *La Historia De Pontevedra*. *Zero Waste Europe* 2019. Pp. 1 – 8.

Coja e Barril de Alva (s.d.). *Compostagem Comunitária – Inscrições Abertas*. <https://www.cojaebarrildealva.pt/compostagemcomunitaria/>. Consultado a setembro de 2025.

Costa, M. (2024). *Compostagem Comunitária em Lisboa: Um Estudo de Caso sobre Motivadores, Inibidores e Mudança Comportamental no Bairro Azul* [Master’s thesis, ISCTEC – Instituto Universitário de Lisboa]. Repositório do ISCTEC. <http://hdl.handle.net/10071/33935>

CRtec (2022). *Compostiera di Comunità*. <https://www.crtec.it/compostiera-di-comunita/>. Consultado a maio de 2025.

CRtec (2022). *Ecoisola de Compostaggio*. <https://www.crtec.it/ecoisola-di-compostaggio/>. Consultado a maio de 2025.

Czapela, F., Rodrigues, C., Golunski, S., Korf, E., Treichel, H. (2020). Avaliação Microbiológica em Processos de Compostagem de Resíduos Agroindustriais visando a Produção de Composto Orgânico de Qualidade. *Revista de estudos ambientais (Online)* v.22, n. 1, p.24-34. DOI: 10.7867/1983-1501.2020v22n1p24-34.

De Boni, A., Melucci, F., Acciani, C., Roma, R. (2022). Community composting: A multidisciplinary evaluation of an inclusive, participative, and eco-friendly approach to biowaste management. *Cleaner Environmental Systems*. Vol. 6. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2022.100092>.

Deputación Pontevedra (2025)a. Programa de Compostaje Local. <https://www.depo.gal/es/web/residuos/compostaxe-comunitaria>. Consultado a junho de 2025.

Deputación Pontevedra (2025)b. Manual APP Revitaliza. <https://www.depo.gal/es/web/residuos/guias-e-manuais>. Consultado a junho de 2025.

Diário da República n.º 71/2022 (2022). Decreto-Lei n.º 30/2022. Consultado em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/30-2022-181886178>.

Diário da República n.º 239/2020 (2020) Decreto-Lei n.º 102-D/2020 (2020). Consultado em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/102-d-2020-150908012>.

Diário da República (2022). Portaria n.º 185/2022 da Economia e Mar, Ambiente e Ação Climática e Agricultura e Alimentação. Consultado em: <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/portaria/185-2022-186429710>.

Diaz, L., Savage, G., Golueke, C. (2002). Composting Of Municipal Solid Wastes. In Tchobanoglous, G., Kreith, F. *Handbook of Solid Waste Management (2º ed.)*. In McGraw-Hill Companies. DOI: 10.1036/0071356231.

Drisko, J., Mashi, T. (2016). *Content Analysis*. Oxford University Press.

Estúdio D1 (2025). ELK. <https://estudiod1.pt/compostor-comunitario-elnk/>. Consultado a junho de 2025.

EKOVORE Les Outils de la Transition Écologique (s.d.). Collective Composter. <https://www.ekovore.com/en/product/composteur-collectif-ekovore/>. Consultado a junho de 2025.

EKOVORE Les Outils de la Transition Écologique (s.d.). Modular collective composter. <https://www.ekovore.com/en/product/modular-collective-composter/>. Consultado a junho de 2025.

European Committee for Standardization (2011)a. EN 13037:2012. Soil improvers and growing media - Determination of pH Slovenski. Bruxelas.

European Committee for Standardization (2011)b. EN 13038: Soil improvers and growing media - Determination of electrical conductivity. Bruxelas.

European Committee for Standardization (2010). prEN 15936: Sludge, treated biowaste, soil and waste - Determination of total organic carbon (TOC) by dry combustion. Bruxelas.

European Committee for Standardization (2012). EN 16168: Sludge, treated biowaste and soil - Determination of total nitrogen using dry combustion method. Bruxelas.

European Committee for Standardization (2007). EN 13040: Soil improvers and growing media - Sample preparation for chemical and physical tests, determination of dry matter content, moisture content and laboratory compacted bulk density. Bruxelas.

European Committee for Standardization (2002). EN 12948: Liming materials - Determination of size distribution by dry and wet sieving. Bruxelas.

European Committee for Standardization (2001). EN 13650: Soil improvers and growing media - Extraction of aqua regia soluble elements. Bruxelas

European Food Safety Authority (EFSA) (2014). *EFSA explains zoonotic diseases: E. Coli*. Italy. DOI: 10.2805/62059.

European Regional Development Fund (2021). A Policy Brief from the Policy Learning Platform on Environment and resource efficiency. The biowaste management challenge. Pp. 1.16.

Floema (s.d.). Compostor Terra Mind. <https://www.floema.com/pt/produtos/compostor-terra-mind/>. Consultado a junho de 2025.

Fundo Ambiental (2021). Guia para o planeamento de sistemas de recolha de biorresíduos. Versão 1.3. Consultado a maio de 2025.

Gabriell, B., Silveira, J., Houot, S., Francou, C. (2004). *Simulating Urban Waste Comport Effects on Carbon and Nitrogen Dynamics Using a Biochemical Index*. J. Environ. Qual., Vol. 33. Doi: <https://doi.org/10.2134/jeq2004.2333>

Ho, T., Tra, V., Le, T., Nguyen, N., Tran, C., Nguyen, P., Vo, T., Thai, V., Bui, X. *Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity*. Case Studies in Chemical and Environmental Engineering 6. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2022.100211>.

Iacovidou, E., Zorpas, A. (2022). Exploratory research on the adoption of composting for the management of biowaste in the Mediterranean island of Cyprus. *Cleaner and Circular Bioeconomy I*. Pp.1-10. <https://doi.org/10.1016/j.clcb.2022.100007>.

ISO (2017). *ISO 6579-1. Microbiology of the food chain —Horizontal method for the detection, enumeration and serotyping of Salmonella — Part 1:Detection of Salmonella spp.* Switzerland.

ISO (2001). *Microbiology of food and animal feeding stuffs — Horizontal method for the enumeration of _glucuronidase-positive Escherichia coli —Part 2: Colony-count technique at 44 °C using 5-bromo-4-chloro-3-indolyl _D-glucuronide.* Switzerland.

Jang, J., Hur, H., Sadowsky, M., Byappanahalli, M., Yan, T., Ishii, S. (2017). *Environmental Escherichia coli: ecology and public health implications—a review.* Journal of Applied Microbiology 123, 570-581. DOI: 10.1111/jam.13468.

Jornal Oficial da União Europeia (2018). Diretiva (EU) 2018/851 do Parlamento Europeu e do Conselho de 30 de maio de 2018 que altera a Diretiva 2008/98/CE relativa aos resíduos.

Jornal Oficial da União Europeia (2008). Diretiva (EU) 2008/98 do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de novembro de 2008 relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas.

Komposta (s.d.). Waste composting machines. <https://komposta.org/?lang=en>. Consultado a maio de 2025.

Lamichhane, B., Mawad, A., Saleh, M., Kelley, W., Harrington II, P., Lovestad, C., Amezcua, J., Sarhan, M., Zowalaty, M., Ramadan, H., Morgan, M., Helmy, Y. (2024). Salmonellosis: An Overview of Epidemiology, Pathogenesis, and Innovative Approaches to Mitigate the Antimicrobial Resistant Infections. *Antibiotics*, 2024, 13, 76. Pp. 1-3. DOI: <https://doi.org/10.3390/antibioticos13010076>.

Laureti, C., Maggio, F., Serio, A., Festino, A., Paparella, A., Vergara, A. (2022). Overcoming Multidrug Resistance in Salmonella spp. Isolates Obtained From the Swine Food Chain by Using Essential Oils: An in vitro Study. *Frontiers in Microbiology*. Vol. 12. Pp. 1-11. DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.808286>.

LIPOR (2025). Compostagem Comunitária. <https://www.lipor.pt/pt/sensibilizar/compostagem-caseira-e-comunitaria/compostagem-comunitaria/>. Consultado a abril de 2025.

LIPOR (s.d.). Normativo de Compostagem Comunitária. https://www.lipor.pt/fotos/gca/normativo_compostagem_comunitaria_857.01_76692480964e4c008c2f88.pdf. Consultado a abril de 2025.

Mahapatra, S., Ali, Md., Samal, K. (2022). *Assessment of compost maturity-stability indices and recent development of composting bin*. *Energy Nexus* 6 (2022), pp 1-17. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100062>.

Manea, E.E.; Bumbac, C.; Dinu, L.R.; Bumbac, M.; Nicolescu, C.M. (2024). *Composting as a Sustainable Solution for Organic Solid Waste Management: Current Practices and Potential Improvements*. *Sustainability* 2024, 16, 6329. <https://doi.org/10.3390/su16156329>.

Ministério da Saúde Brasil (2011). Manual técnico de diagnóstico laboratorial de *Salmonella* spp.: diagnóstico laboratorial do género *Salmonella*. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz. Laboratório de Referência Nacional de Enteroinfecções Bacterianas, Instituto Adolfo Lutz. – Brasília: Ministério da Saúde. Série A – Normal e manuais técnicos.

Ministry of Agriculture and Food (1998). *B.C. Agriculture Composting Handbook*. 2º Edição. British Columbia.

Monteiro, A., Machado, A. (2023). *Composting: production of compost, from organic waste generated at the Instituto Federal do Amazonas - IFAM- campus Manaus Distrito Industrial*. *Cuadernos De Educación Y Desarrollo*, V.15, N.11, pp. 14728-14754. DOI: 10.55905/cuadv15n11-095.

Pai, S., Ai, N., Zheng, J. (2019). Decentralized community composting feasibility analysis for residential food waste: A Chicago Study. *Sustainable Cities and Society*. Vol.50. DOI:10.1016/j.scs.2019.101683.

Presidência do Conselho de Ministros (2023). Resolução do Conselho de Ministros n.º 30/2023. Diário da República, 1º Série.

Reid, B., Dort, A., Scott, L., Gillis-Madden, R. (2022). How to interpret a compost analysis report. Perennia. Consultado em: <https://www.perennia.ca/wp-content/uploads/2021/03/How-to-Interpret-a-Compost-Analysis-Report.pdf>.

Román, P., Martínez, M., Pantoja, A. (2015). *Farmer's Compost Handbook - Experiences in Latin America*. Food and Agriculture Organization of the United States (FAO). Regional Office for Latin America and the Caribbean. Santiago.

Rodmarle (s.d.). Compostor Comunitário | Rodmarle – Perfis Plástico Reciclado. <https://www.rodmarle.com/product-page/compostor-2a>. Consultado a junho de 2025.

Salter, R., Frederickson, J. (2009). Enhancing sustainable biowaste management in the UK: the role of the commercial and community composting sectors. ISWA World Congress 2009, 12-15 Oct 2009, Lisboa, Portugal.

Santana, S., Veloso, Z., Vieira, M., Favoretti, V., Silva, W., Vilar, W. (2023). *Composting as a Tool for Environmental Education*. Journal of Agricultural Sciences Research. V. 3, n.11, pp. 1. 8. DOI: 10.22533/at.ed.9733112319076.

Secretaria do Estado do Ambiente, Ministério do Ambiente e da Ação Climática (2020). *Biorresíduos: Contas certas nos resíduos*.

Solomon, S. (1993). *Organic Gardener's Composting*. Van Patten Publishing. Portland, Oregon.

Sullivan, D., Bary, A., Miller, R., Brewer, L. (2018). *Interpreting Compost Analyses*. Oregon State University Extension Service.

Sunar, N., Stentiford, E., Stewart, D., Fletcher, L. (2009). *The Process and Pathogen Behavior in Composting: A Review*. Proceeding UMT-MSD 2009 Post Graduate Seminar 2009. Universiti Malaysia Terengganu, Malaysian Student Department UK & Institute for Transport Studies University of Leeds. Pp: 78-87; ISBN: 978-967-5366-04-8.

SYBERT - Syndicat Mixte de Besançon et de Sa Région Pour Le Traitement Des Déchets (s.d.). *Je composte mes biodéchets*. https://www.sybert.fr/comment_reduire_mes_dechets/je_composte_mes_dechets/. Consultado a junho de 2025.

SYBERT - Syndicat Mixte de Besançon et de Sa Région Pour Le Traitement Des Déchets (s.d.). *Site de compostage collectif rue des Pâquerettes*. <https://www.sybert.fr/equipements/site-de-compostage-collectif-rue-des-paquerettes/>. Consultado a junho de 2025.

The Center for Food Cesity & Public Health (2013). *Salmonelose: Paratyphoid, Salmonelose não tifóide*. Pp. 1-11.

Tyagi, M., Vijayan, V. (2023). *Best practices and strategies for pathogen-free compost production*. Centre for Science and Environment, New Delhi.

United States Department of Agriculture (USDA), Natural Resources Conservation Service (NRCS) (2010). *Part 637 Environmental Engineering National Engineering Handbook*. Capítulo 2: Composting (pp. 1-97).

United Nations Department of Economic and Social Affairs (2024). *The Waste Crisis: Accelerating National to Local Policy Action*. Evidence-based strategies for sustainable solutions. <https://doi.org/10.18356/9789211066128>.

University of Vic – Central University of Catalonia, UVIC-BETA.UNIBAS, & UNIVPM (2022). *Output 6.2. Market Analysis of Italy and Spain*. Output 6.2 [Relatório técnico]. ENI CBC

Mediterranean Sea Basin Programme. Pp. 1-89. Consultado em <https://www.enicbmed.eu/projects/decost>.

Van der Wurff, A.W.G., Fuchs, J.G., Raviv, M., Termorshuizen, A.J. (Editors) 2016. Handbook for Composting and Compost Use in Organic Horticulture. DOI: <https://doi.org/10.18174/375218>.

Vermican (s.d.). Compostador modular Vermican. <https://ecompostaje.com/productos/compostador-modular-vermican/>. Consultado a junho de 2025.

Zero Waste Europe (2018). The Story of Besançon. Case Study #9. https://zerowasteurope.eu/wpcontent/uploads/2019/11/zero_waste_europe_cs9_besancon_en.pdf.

Anexos

Anexo I: Tipologia de Resíduos para Compostagem

Tabela 18: Tipologia de resíduos aceites para compostagem, sem RCM. Retirado de (APA, 2024a)

Compostar		Compostar em pequenas quantidades	Não compostar
Verdes	Castanhos		
Restos de frutas e vegetais como talos, folhas e outras sobras; citrinos em pequenas quantidades	Aparas de relva, ervas e folhas secas sem tratamentos químicos, doenças ou sementes	Pedaços e migalhas de pão em pequenas quantidades	Restos de carne, peixe ou marisco incluindo ossos, espinhas
Aparas de relva, ervas e folhas verdes sem tratamentos químicos, doenças ou sementes	Palha ou feno.	Massas e arroz cozinhados	Gorduras de qualquer tipo, como óleos, azeite ou outros molhos.
Folhas e saquetas de chá sem agrafos ou outros potenciais contaminantes como plástico	Resíduos de cortes e podas cortados em pedaços pequenos	Papel de cozinha usado	Ovos e lacticínios de todo o tipo, como leite, queijo, iogurtes e manteigas.
Borras e filtros de café	Cascas de batata (não devem ser usadas como secos para cobrir a pilha).	Cascas de frutos secos como nozes ou amêndoa, em pequenas quantidades.	Quaisquer restos de alimentos cozinhados ou que tenham sido temperados como sobras de salada
Flores e plantas sem sementes, tratamentos químicos ou doenças	Aparas de madeira e serradura sem tratamentos, tintas ou outros químicos		Dejetos de animais domésticos
	Agulhas de pinheiro (caruma)		Cortiça
			Resíduos de plantas com doenças, pesticidas ou sementes
			Restos de madeiras tratadas com verniz, tintas ou outros.
			Ramos de grandes dimensões.
			Líquidos e lamas
			Não biorresíduos: Carvão, cinzas e beatas de cigarros; medicamentos;

			resíduos do aspirador; resíduos de vidro, metal, têxteis ou plástico incluindo os compostáveis ou biodegradáveis
--	--	--	---

Tabela 19: Tipologia de resíduos aceites para compostagem, com RCM. Retirado de APA, 2024a)

Compostar		Compostar em pequenas quantidades	Não compostar
Verdes	Castanhos		
Restos de frutas e vegetais como talos, folhas e outras sobras; citrinos em pequenas quantidades	Aparas de relva, ervas e folhas secas sem tratamentos químicos, doenças ou sementes	Pedaços e migalhas de pão em pequenas quantidades	Dejetos de animais domésticos
Aparas de relva, ervas e folhas verdes sem tratamentos químicos, doenças ou sementes	Palha ou feno.	Massas e arroz cozinhados	Resíduos de plantas com doenças, pesticidas ou sementes
Folhas e saquetas de chá sem agrafos ou outros potenciais contaminantes como plástico	Resíduos de cortes e podas cortados em pedaços pequenos	Papel de cozinha usado	Restos de madeiras tratadas com verniz, tintas ou outros
Borras e filtros de café	Cascas de batata (não devem ser usadas como secos para cobrir a pilha).	Cascas de frutos secos como nozes ou amêndoa, em pequenas quantidades.	Ramos de grandes dimensões
Flores e plantas sem sementes, tratamentos químicos ou doenças	Aparas de madeira e serradura sem tratamentos, tintas ou outros químicos	Gorduras e outros molhos, com exceção dos óleos alimentares usados	Cortiça
Cascas de ovos bem esmagadas em pedaços pequenos.	Agulhas de pinheiro (caruma)		Líquidos e lamas
Restos de carne, peixe ou marisco incluindo ossos, espinhas e cascas			Não biorresíduos: Carvão, cinzas e beatas de cigarros; medicamentos; resíduos do aspirador; resíduos de vidro, metal, têxteis ou plástico incluindo os compostáveis ou biodegradáveis

Ovos e laticínios de todo o tipo, como leite, queijo, iogurtes e manteigas			
Quaisquer restos de alimentos cozinhados ou que tenham sido temperados como sobras de salada			

Anexo II: Análise Qualitativa “Lista de Nós”

1) Fatores que influenciam a adesão à compostagem comunitária

Categoria	Citação	Participante
Acesso e distância	“Acho que sempre passa pela facilidade de utilização e proximidade dele.”; “...tem de ser uma coisa fácil. Fácil e acessível. Se tiver essas duas características, estou convencida que isso vai ter utilização e as pessoas vão.”	PR1
	“...as pessoas têm de andar ali, subir uns degraus, mas não são muitos, são 4 ou 5 degraus, aquele compostor não é utilizado. A acessibilidade é importante. Nós temos à frente os ecopontos, temos os caixotes do lixo, é só atravessar a estrada, tem uns degraus e temos a ilha de compostagem e ela não é utilizada.”	PM-6
	“...se houver uma colocação estratégica desses depósitos...”	R1
	“Então nós temos que tentar ir à parte do comodismo. As pessoas só vão fazer compostagem comunitária...se as tiverem mais próximas da sua casa. Se tiverem muito distantes, as pessoas não fazem.”	E2
	“...Não estou a ver ninguém a andar um ou dois quilómetros...para se deslocarem para irem...”	R1
	“...deveria de haver uma recolha semanal...se calhar é uma forma de as pessoas alinharem nisso...aí já não tens de fazer dois quilómetros para ir levar isto, tenho de meter isto no carro...isso demove as pessoas, se vierem ali à porta da sua casa num determinado dia fazer a recolha...pode ser uma forma de incentivar.”	PA-3
	“...quando nós estivemos à procura do local para instalar as ilhas, demos sempre preferência a locais onde estivessem caixotes do lixo e contentores, para que as pessoas não tivessem que fazer isto, que é deixarem lá os sacos...”	PM-6

	“Quem tem de juntar para ir levar a um sítio, quanto mais perto estiver mais vezes vai; portanto, a distância acho que faz diferença.”	PM-2
	“Um sítio próprio para estar, principalmente longe das casas por causa do cheiro.”	PA-7
	“E onde é que funcionou pior? Em São Marcos da Serra. Porque colocaram o compostor junto ao cemitério, ficava longe das pessoas e as pessoas não se iam descolocar.”	E3
Incentivos	“...abordei os elementos dinamizadores aqui do concelho e eles disseram que quando fossem fazer a abertura lá da localidade (da doação do composto) nós contactávamos la...”	PM-4
	“...quando as nossas escolas precisam também levamos do nosso composto, aqui o Leonel também já precisou, veio cá buscar. Quando as pessoas precisam, havendo disponibilidade e havendo também composto, trazem os potes e levam.”	PM-6
	“Nós, este ano, começámos o projeto das hortas-escolas e foi com o nosso composto das hortas comunitárias.”	PM-10
	“Conseguimos entregar composto...numas hortas urbanas...E isso tem feito com que as pessoas se sintam motivadas também a fazer.”	E2
	“...A troca de qualquer coisa, é evidente...” “...mas, de facto, aí tem que haver outro interesse, outra troca.”	PR1
	“...as pessoas aderem a tudo a que acham que vão ter uma vantagem qualquer...e se a vantagem for a redução da taxa de resíduos por exemplo na água, o que nós pagamos...”	PM-2
	“...eu acho que um sistema de abertura e de recompensa acho que poderia funcionar”; “E acho que a recompensa, as pessoas, pensam um bocado, ganho qualquer coisa...” “Mas também não sou muito certa disto, porque, se calhar a recompensa, em vez de meterem para lá biorresíduos abriam aquilo para deitar lixo...e tinham desconto na coisa”.	E5
	“...eu acho que o monetário incentiva qualquer pessoa ou muitas das pessoas a fazerem as coisas. Assim, com descontos e tudo mais isso é sempre uma vantagem e as pessoas, hoje em dia, quase toda a gente, gosta de ter descontos.” “Lá está, a nível empresarial se calhar não é assim tão interessante.”	R1

	<p>“...sim, por exemplo a nível camarário, sim, uma redução de valor na água ou algo desse género, ... ou na recolha de resíduos, haver ali um desconto ou algo desse género. Poderá ser interessante.”</p>	
	<p>“Se for essa troca, se as pessoas levarem esse tal saco (de composto)...em vez de eu comprar um quilo de adubo que pago x, o adubo sai daquele compostor”</p> <p>“Ainda por cima, mais normal, mais natural, mais biológico, não é? Eu acho que sim. Acho que é mais facilitador e acho que as pessoas iam gostar disso.”</p>	PR1
	<p>“...o composto produzido ser dado às pessoas...”</p>	PA's
	<p>“Pode, por exemplo, ter-se direito a uns tantos kg por ano de composto...e eventualmente haver um desconto na fatura da água...”</p>	PA-3
Boas condições de higiene	<p>“A higiene do compostor é fundamental para as pessoas aderirem... tem que estar limpo, a tampa, as bordas, à volta nunca pode haver lixo...”</p>	E1
	<p>“Nós temos feedback de outros municípios que têm belas ilhas, têm tudo, mas depois não há manutenção e as pessoas deixam de fazer...nós temos o cuidado de dizer, Fernando limpe as tampas, limpe os painéis, veja o lixo à volta dos compostores, nós queremos aquilo...que seja agradável as pessoas irem lá.”</p>	PM-6
	<p>“...temos essa vigilância constante, limpeza constante, todas as semanas o compostor é limpo, desde o painel informativo às caixas de matéria seca...”</p> <p>“...o compostor tem de estar sempre imaculado (...) nada de cheiros e de nojo que a pessoa sinta isso; esse é um dos nossos grandes cuidados, porque sabemos perfeitamente que é isso que afasta as pessoas; se as pessoas forem lá e levantarem aquilo e levarem com uma carrada de mosquitos na cara, acabam por se desmotivar (...)”</p>	E2

2) Ações desenvolvidas para sensibilizar população

Categoria	Citação	Orador
Formação	<p>“As pessoas tiveram formação, foi um passo muito importante”.</p> <p>“...tem dupla finalidade, ensina os alunos...porque esta questão é muito importante, o compostor, o levar para casa essa mensagem”.</p>	PR1
	<p>“...se houver uma formação intensiva logo à posteriori para incentivar. Olhe, basta colocarem uma lata, basta colocarem assim...”</p>	R1

	<p>“...em cada ilha fizemos um workshop em horário pós-laboral em que convidávamos as pessoas para assistirem, também levávamos os baldes, e tivemos os workshops até bastante participados. Os flyers também são muito explicativos...”</p>	PM-6
Campanhas e eventos	<p>“Fizemos sempre ações de sensibilização junto das populações antes de receberem o composto, é obrigatório entregarmos o manual de compostagem”.</p> <p>“Quando são dias comemorativos, etc., nós tentamos encaixar a compostagem, os biorresíduos no tema para sensibilizar as pessoas.”</p>	E6
	<p>“...fizemos sempre muitas ações de sensibilização...marcávamos encontros nos locais de ilhas de compostagem...para mostrar às pessoas como se faz a compostagem.”</p>	E2
	<p>“A parte em que tivemos mais sucesso foi quando nós fizemos na abertura do Mercado Municipal...Foi quando ‘vendemos’ mais a compostagem”.</p>	E2
	<p>“...Fizemos porta a porta e na abertura do mercado municipal...tínhamos uma banquinha para as pessoas se inscreverem e sensibilizar”.</p>	E4
Meios de Comunicação	<p>“Nós temos na rádio Arganil uma rubrica mensal (...) nós vamos às escolas (...) mas não chegamos aos mais velhos (...) muitos deles, entretanto, ligaram e aderiram e parte do sucesso também é porque vamos à rádio...Sinto que a mensagem chega a outras pessoas...”</p>	E6
	<p>“... nós também temos uma página que é o COMPOSTAME em que temos lá vídeos feitos mesmo por nós e com o Presidente da Câmara e com os jovens voluntários a explicar como se deve fazer a compostagem doméstica, a compostagem comunitária, temos lá essa informação toda.”</p>	PM-6
	<p>“Marcamos essas ações através das redes sociais, através de anúncios (...) temos também o Jornal da Bairrada e outros meios de comunicação (...). Digamos que não tivemos muito sucesso nessa parte (...) o passa palavra acabou por ajudar-nos um bocadinho, fomos às escolas, nas nossas aulas de educação ambiental e cidadania todos os anos falamos sobre compostagem, vamos às hortas, vamos ao compostor, fazemos compostagem com eles, porque achamos que as crianças são os grandes impulsionadores na parte da compostagem, são eles que conseguem levar aos avós e aos pais e mostrar como é que as coisas se fazem ”.</p>	E2
Sensibilização	<p>“Porque depois esta parte da sensibilização é importantíssima e isso faz-se de alunos para pais, é</p>	PR1

a melhor forma, dos miúdos para os pais, está visto.”	
“Era interessante que o compostor conseguisse medir a quantidade de resíduos em toneladas por exemplo, e que essa informação fosse divulgada para a comunidade, para sensibilizar, podiam dizer que durante um semestre ou um trimestre, ou um ano não foram para aterro x toneladas de resíduos e o que é que isso traz de benéfico para a comunidade...”	PM-2
“...quando nós fizemos um ano de compostagem fizemos uma notícia a dizer que tinham sido desviados de aterro 22 mil toneladas de resíduos orgânicos, e quando fizemos a primeira tirada de composto também fizemos uma notícia a dizer que o composto que estávamos a tirar tinha sido entregue às hortas e a vários utilizadores...”	PM-6
“Divulgação, informação se calhar.”	PA-5
“Numa primeira fase incentivas, fazer ver as vantagens...os benefícios, numa segunda fase, infelizmente, as leis são para se cumprir, e quando não se cumprem têm penalizações, eu acho que se não formos para um dia obrigar as pessoas, só pela persuasão é cada vez mais difícil, o comodismo está instalado...”	PA-2

2. Problemas/Desafios

Categoria	Citação	Participante
Adesão reduzida	“Como é que vamos ter as taxas de adesão mais elevadas? Porque elas são, francamente, muitíssimo baixas. Na maioria dos casos, a compostagem comunitária está a falhar. “	E3
	“...se calhar pela questão rural...uma parte vai para as galinhas, outra vai para os terrenos e não aderem tanto à compostagem comunitária...”	E4
	“Eu acho que por um pouco de falta de conhecimento, as pessoas não fazem compostagem...Se calhar, às vezes, é um bocadinho, na geração mais recente, se calhar há um bocadinho de falta de informação, digo eu... “	R1
	“As pessoas têm a noção de que é só chegar e depositar e não terem mais trabalho, é o facilitismo, elas se calhar utilizavam mais, mas como dá	PA-4

	um bocadinho mais de trabalho, se calhar, utilizam menos”	
	“As pessoas são extremamente comodistas...”	PA-9
Recursos Limitados	“A compostagem não é entendida, por grande parte das câmaras, como uma atividade séria para a qual temos de ter um recurso humano 100% dedicado”; “...isso também condiciona muito o processo”.	E3
	“...nós não temos mão de obra, atenção, e isso tem que ser visto com muita assertividade, é muito difícil contratar pessoas novas para trabalhar neste tipo de coisas”	
	“Poderíamos ter alguma capacidade, mas não estamos orientados para isso. O projeto da Ecoescolas tem alguma questão que é redução de água, de energia, portanto, no Ecoescolas, que é algo que nós trabalhamos bastante, o objetivo é reduzir a água e reduzir a energia. Não é aumentar a compostagem”.	PR1
	“Nós temos municípios, vários, que compraram mecanismos de acesso condicionada ao compostores comunitários e eles não têm funcionado”; “...avariam com frequência. É preciso mudar a pilha...são vários fatores.”	E3
Contaminações / Deposição incorreta	“...acabamos também por ter algumas contaminações na compostagem, às vezes também temos um saco de lixo fechado dentro do módulo de compostagem.”	E4
	“...é o que acontece com o nosso composto, porque nós às vezes temos um composto que já está tão maravilhoso que às vezes basta vir lá um sujeito que chega ali com uma data de contaminantes, de fezes de animais que vai conseguir contaminar todos aqueles 1000L, basta um...”	PM-10
	“Todas as semanas metem lá para dentro coisas...Quando são sacos de plástico...cheios de coisas que eu não sei o que é, escrevo.”	E5

	<p>“...no sítio onde está a estilha e isso, às vezes, há lá lixo...as pessoas vão a passar, estavam com uma garrafa de água, ou um copo de café...abrem e metem lá para dentro...”.</p>	
	<p>“Entretanto há alguém que cortou a relva em casa, chega lá e enche o compostor todo...às vezes deparamo-nos com troços de couve, com a podas todas ...”.</p>	E3
	<p>“Por acaso eu noto que às vezes põem lá coisas que não deviam lá estar..., às vezes vejo lá plástico misturado, vejo plantas...vai a terra com a raiz...acho que às vezes há assim um bocadinho de descuido, misturam coisas que não era suposto estarem lá...”</p>	PA-3
	<p>“...aquilo é ovos inteiros, bananas...todas as semanas tiro de lá silvas...as pessoas têm vivendas e tudo, fazem lá a limpeza dos jardins e deitam lá tudo. Uma vez cheguei lá e estavam 3 sacos grandes pretos cheios de relva lá metidos dentro.”</p>	PM-1
	<p>Às vezes o que acontece é que esse composto tem que ser crivado...em termos de sólidos...reparámos que havia vidros, garrafas, ou outras coisas...”.</p>	E2
Questões de Higiene	<p>“A questão das moscas é mesmo importante se vocês conseguirem um mecanismo...das coisas mais chatas é a mosca da fruta.”</p>	E3
	<p>“A maior dificuldade que tenho e que ainda não consegui resolver é os mosquitos...”</p>	PA-1
	<p>“Falaram de mosquitos...nota-se também...”</p>	PA-2
	<p>“...o balde não é completamente estanque e por isso começa a atrair mosquitos, arranjei um balde maior com uma tampa que é estanque, já resolveu (...).”</p>	PM-2
	<p>“Nas primeiras vezes em que ia ao compostor comunitário, notava que as pessoas têm problemas em sujar as mãos, em tirar os secos e depois aquilo cria mosquitos.”</p>	PM-7

	“...tem que haver um acompanhamento semanal, rigoroso porque, se não, acontece aquilo que nós mais tínhamos medo, que são os cheiros, são moscas; as pessoas quando vão lá uma e outra vez e se deparam com cheiros e com moscas deixam de ir.”	PM-6
	“...às vezes chego lá e está tudo coberto de mosquitos, moscas...porque deitam para lá e não misturam matéria seca.”	PM-1
Duração do processo	“...e também é moroso não é, é um trabalho bastante paciente até estar em condições de se aplicar na terra.”	PA-2

3. Elementos chave para o sucesso na implementação da compostagem comunitária

Categoria	Citação	Participante
Análise do contexto local	“Acho que o importante é tentarmos ver para cada região, para cada entidade gestora, quais são as características desse local, desse município e depois ajustar as melhores soluções adequadas às características dessa área de intervenção.”	E1
	“Eu penso que o município tem de perceber qual a função da aldeia, porque se toda a gente tiver quintal, não vale a pena, se têm galinhas não vale a pena, porque é um investimento que se está a fazer...e também pelo volume de resíduos que não são separáveis.”	PA-1
	“...descobrir a dinâmica de cada aldeia...primeiro ir lá e saber a dinâmica da aldeia e depois sim divulgar...”	PA-6
	“Eu acho que nas aldeias não há necessidade de um compostor comunitário	PA-7

	porque toda a gente aproveita para reutilizar na horta...”	
Fatores técnicos e institucionais	<p>“...o sucesso está intimamente relacionado com duas ou três etapas críticas. A primeira será o tal de dimensionamento inicial da solução.”</p> <p>“Eu acho que qualquer projeto para ter sucesso...é uma amálgama de vários fatores...dimensionar uma solução de forma correta ajustada às necessidades de cada local; temos planos à escala local onde são definidas as estratégias e os investimentos a fazer à escala do município; os planos nacionais e os instrumentos técnicos, têm que estar muito bem planeados e definidos e alinhados com as várias escalas. O segundo ponto (...) é a questão da regulamentação. Eu acho que não vale de muito fazermos só sensibilização se não tivermos uma legislação e regulamento bem estruturados, modernos, com regras definidas, sanções... e o terceiro ponto que ia referir é a vontade política que eu acho que é uma variável muito importante para conjugar com os fatores técnicos e a parte regulamentar e legislativa.”</p>	E1
	<p>“Se querem que a compostagem comunitária funcione a sério, é tornar isso obrigatório nas zonas onde há compostores comunitários, em que cada pessoa que tem um contrato de biorresíduos tem de ter um balde para os biorresíduos, um meio físico (...).”</p> <p>“Se atribuir um meio físico (balde de compostagem) à pessoa é logo uma carga de identificação e</p>	E3

	responsabilidade muito grande. Eu acho que isso ia dar um salto enorme em termos de compostagem comunitária que é tornar obrigatório”.	
	“...é graças a termos um Presidente assim que aposta bastante na compostagem, aposta bastante no ambiente que nós também conseguimos ter este sucesso, porque se não houver a parte superior que nos ajude e incentive as coisas não correm...”.	PM-6
	“...era fechar os contentores todos do lixo. Ou retirá-los da rua. É a única solução para a gente mudar de hábitos.”	E3

4. Tipos de Biorresíduos

Categoria	Citação	Participante
Biorresíduos recomendados	“Eu acho que deviam poder meter tudo, ...havendo alguém responsável pela manutenção do espaço (...) uma ou duas vezes por semana passa lá se vir alguma coisa que não corresponde pode fazer essa seleção e não fica do lado do município.”	E1
Biorresíduos a evitar	“O que nós dizemos às pessoas é para não porem carne e peixe em grande quantidade. (...) A ideia é, tudo o que são pequenas quantidades do resto de uma refeição, coisas pequenas (...) isso não tem grande impacto verdadeiramente na compostagem”. “(...) nunca pôr dejetos e excrementos de animais, eu acho que devia ser mais divulgada essa informação para qualquer utilizador saber que, em termos domésticos e comunitários, não vai ter um problema de contaminar com	E3

	alguma doença esquisita (...); isso é muitíssimo importante.”	
	Sei, porque tenho lido nos panfletos que foram entregues, que não devemos colocar restos de carne e peixe, claro que também do balde que eu tenho também não coloco porque vai estar muito tempo e deita logo cheiros...”.	PM-4

5. Características dos Compostores Comunitários

Categoria	Citação	Participante
Características operacionais, físicas e estruturais	“Eu acho que um compostor comunitário devia também ter coisas em inglês...porque nós estamos numa zona onde há muitos residentes estrangeiros.”	E5
	“E esse é um dos critérios, a visibilidade, quanto mais visível melhor. (a ilha de compostagem).”	E3
	“Nós não optámos pelo cartão porque achámos que podíamos estar a limitar a utilização livre...”	PM-6
	“O material, o facto de ser em plástico reciclado acho que é uma mais valia, madeira não, foi colocado essa hipótese lado...”	PM-6
	“...as tampas são em fibra, não são em plástico reciclado porque depois a tampa ia ser muito pesada, são em fibra, depois tem lá os extensores para abrir e fechar...um problema que nós temos é que em dias de vento, elas como são muito leves abrem facilmente.”	PM-6
	“...a base também, as nossas bases são grelhas de cimento que estão colocadas me cima	PM-6

	de terra, ou seja, não pode ser em cima de cimento...”	
	“...tem que haver uma pequena abertura (...) e entrada de oxigénio (...) agora eles já vão fazer essas aberturas na parte superior, não tanto na parte inferior, mas na parte superior ...”.	PM-10
Automação do compostor	“Eu acho que não estarmos presentes vai ser complicado. Acho que é muito importante, as pessoas gostam de saber que alguém está a cuidar. (...)” ”...e acho que é muito importante a presença de um recurso humano que está a trabalhar na área para poder tirar certas dúvidas, para poder apoiar, para poder ajudar.”	E2
	“Há realmente um défice muito grande na mistura da matéria seca...aí seria muito útil haver um automatismo, e também misturar aquilo que está dentro, também acho que seria muito produtivo...” “...há um potencial de melhoria dos automatismos evitando tantas visitas e custos elevados...porque a mão de obra é cara e a adesão é baixa, por isso temos custos elevadíssimos do ponto de vista da compostagem comunitária,”.	E3
	“...se conseguirem aqui uma solução de equilíbrio e que ajude na monitorização de todo o composto e reduza a necessidade de intervenção humana era ótimo.”	E6
Sensores no compostor	“... vários sensores e avisos, e mesmo automatização do controlo das moscas que acho que é realmente um problema com o qual nós nos defrontamos...”.	E3

	<p>“...se vocês conseguirem implementar sensor de temperatura, já falámos da questão das moscas, promover o arejamento, humidade, algo que consiga perceber se a camada está ajustada ou não, quanto mais não seja pela percentagem de secos e de resíduos alimentares...”.</p> <p>“...e que lance esse alarmismo com a tampa aberta ou objeto que entre e que seja muito volumoso e que dê logo um alerta ...para que o mestre de compostagem perceba: ok tenho ali um compostor comunitário que está com qualquer anomalia tenho que ir já”</p>	E6
	<p>“...sensor ao nível do enchimento...”</p>	E1
	<p>“... se for um inteligente, eu idealizo que não haja qualquer tipo de problema porque dever ter sei lá sondas ou algo que se está muito húmido aquece, se está muito quente arrefece...”.</p> <p>“...se tivéssemos um que pudéssemos colocar tudo e ele nos dissesse que não colocas mais porque estamos cheios isso seria o ideal...”.</p>	R1
	<p>“Acho que um compostor inteligente comunitário poderia ter o balanço de tem que pôr mais resíduos castanhos consoante a quantidade de resíduos verdes que lá coloquei...e aí também já evita os maus cheiros e talvez os mosquitos.”</p>	PA-1
	<p>“...as pessoas colocassem para lá e ele tivesse uma resistência ou algo desse género, aquecesse, arrefecesse, para haver uma deterioração homogénea de tudo o que lá</p>	R1

	está dentro, se calhar seria um meio interessante...”.	
	“Eu acho que sim, a temperatura a que está a funcionar...”	PR1
	<p>“Sensores, está muito húmido porque a sonda alerta que tem muita humidade relativa lá dentro num ponto estratégico, então aquilo ativa uma resistência...”.</p> <p>“...começa a aquecer para secar todo o material...tinha umas pás lá dentro para mexer. Depois, a sonda alertava que afinal já estava muito seco, então tinhas uns aspersores que dá humidade, ele basicamente não precisa de me alertar se precisa de mais verdes ou mais secos, porque automaticamente seca e coloca humidade. Ele só precisa de me dizer que já pode tirar alguma matéria que está aí para utilizar ou já não pode colocar mais porque estamos cheios, pronto uma luz vermelha que indicasse que não pudesse ser mais utilizado.”</p> <p>“...mas se for uma coisa mais inteligente, em que nos dissesse: atenção, não podemos meter mais verdes, atenção não podemos colocar mais secos...se calhar seria mais fácil até para as pessoas perceberem.”</p>	R1
	“Se as pessoas, ao meterem as coisas, dissesse: não meta cá isso; isso é que era bom!”	PM-8
	“...deveria de ter um caixote, onde tem uma espécie de abertura, e a pessoa abre o caixote, aquilo faz o scan...ok está ok, e vira, não está ok não vira...porque vai para lá um caixote cheio de contaminantes e não vai contaminar aquilo que já está feito por vocês...”	PM-10

Indicadores / Informação fornecidos pelo sistema tecnológico	“Quantos quilos são postos lá pela comunidade, a quantidade que foi colocada e que não foi para o lixo...e quanto é que já se conseguiu produzir de matéria capaz de ser utilizada na natureza.”	PA-3
	“Era interessante que o compostor conseguisse medir a quantidade de resíduos em toneladas por exemplo...”	PM-2
	“Semáforo, se nós tivermos a aplicação com o semáforo, nós naquele bairro, para aquele compostor comunitário, se estivesse a vermelho hoje não se poderia ir lá pôr mais coisas para a compostagem, se estivesse amarelo podíamos ir e ver e estava ali para quem quisesse e tinha esta orientação em casa, já escusa de ir lá e ter que voltar.”	PA-6
	“Talvez a quantidade de composto que é, e também a quantidade de resíduos que são desviados. “	PA-2
	“O que se lá mete dentro...folhas de palmeira...o tipo de biorresíduos e a quantidade que se mete. “	PM-7
	“Se é inteligente podia enviar a informação para o município e dizer quais são os que estão a precisar de manutenção, o que é que está a precisar... a temperatura...o triturador também pode ser uma boa ideia, mas se consegue monitorizar pode enviar dados com frequência”	PM-2
	Eu acho que devia de ter uma leitura bastante inteligente sobre o tipo de material que é colocado lá dentro, imaginamos que as pessoas ganham algo por mais peso, as pessoas vão pôr lá muita coisa com peso...podemos ter	PM-10

	<p>algo dentro do género... muito bem, as pessoas já sabem assim... só aceita isto, se tiver contaminado não abre, pronto algo assim dentro do género...</p>	
	<p>“Eu penso que enquanto município, para nós aquilo que nos é importante, quantos utilizadores utilizam x ilha...o número de utilizadores que foi àquela ilha no mês tal, e a quantidade de resíduos que foi lá colocado, e haver por exemplo uma informação mensal, para o município. Enquanto utilizador, eu penso que seria importante saber quanto é que eu coloquei e quanto é que eu posso ganhar com isso, mas para isso lá está tem que haver um cartão, um leitor que faça essa análise e envie...ganhar um incentivo, um desconto na fatura da água.”</p>	<p>PM-6</p>
<p>Dados Estatísticos e estudos pedagógicos fornecidos pelo sistema tecnológico</p>	<p>“...qualidade da água, quanto é que poupou de dióxido de carbono...informações ambientais importantes, quanto é que de água, quanto é que de CO2, quanto é que destas questões que hoje nos fazem as alterações climáticas, quanto é que isso vai aplicar...”</p> <p>“No final do dia tive estas vantagens em termo de indicadores. Eu acho que isso seria muito interessante...”</p>	<p>PR1</p>
	<p>“Eu acho que o número de produção por área é interessante...para quantas famílias ou para quanta área de metros quadrados daria...interessa-se saber o que é que vou obter...”</p> <p>“As pessoas gostam de dar e receber. Seu eu coloco lá os resíduos, eu também gosto de obter um quilo disto ou</p>	<p>PR1</p>

	<p>daquilo para alguma coisa da minha vida.”</p> <p>“...se não houver uma coisa concreta é mais difícil a ação.”</p> <p>“...era interessante ter esses dados estatísticos, até por exemplo, nalgumas disciplinas que nós temos, não é? Se agregar a isso, a uma disciplina de Biologia e Geologia, ou Ciências Naturais, pôr os miúdos a ver e depois fazer a evolução, a construir os gráficos eles próprios, ou ver e utilizarem a temperatura ou o dado qualquer que dê, a humidade, etc, etc, que dê para as suas disciplinas, é interessante.”</p>	
--	---	--